



# 美浜発電所、高浜発電所及び大飯発電所 原子炉設置変更許可申請

【大山生竹テフラの噴出規模見直しに係る  
指摘事項への回答について】

関西電力株式会社

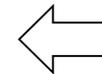
2020年1月24日

No.	10/15審査会合でのご指摘事項	審査会合での状況
1	噴出規模11km <sup>3</sup> の根拠を示すこと。	本日 回答
2	Tephra2の評価における前提、根拠等のパラメータと、それにより最大層厚をどのように設定したか説明すること。	次回以降 回答予定

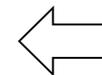
本日は、「美浜発電所、高浜発電所及び大飯発電所の火山影響評価について」のうち、大山の噴出規模の見直しに関する検討結果について、前回審査会合におけるご指摘事項に関する検討結果と合わせてご説明する。

したがって、本日の説明資料は、火山影響評価全体資料(次ページ参照)のうち、3. 影響評価、3.3 噴出源が同定できる降下火砕物に関する検討の中の3.3.2 大山の将来の噴火の可能性に関する検討の該当箇所のみとしている。

1. 火山影響評価ガイドによる評価の流れ	p3
火山影響評価ガイドによる評価の流れ	p4
2. 立地評価	p5
2.1 地理的領域内(160km)に分布する第四紀火山の抽出	p6
2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	p7
2.3 設計対応不可能な火山事象の検討	p8
2.4 抽出された火山の火山活動に関する個別評価のまとめ	p9-16
3. 影響評価	p17
3.1 安全性に影響を与える可能性のある火山事象の抽出	p18-19
3.2 検討対象とする降下火砕物の抽出	p20-25
3.3 噴出源が同定できる降下火砕物に関する検討	p26-63
3.4 噴出源が同定できない降下火砕物に関する検討	p64-74
3.5 降下火砕物の層厚に関するまとめ	p75-76
3.6 降下火砕物の粒径	p77-80
3.7 降下火砕物の密度	p81-82
4. 火山影響評価(立地及び影響評価)のまとめ	p83
火山影響評価(立地及び影響評価)のまとめ	p84
5. 参考文献	p85
参考文献	p86-93

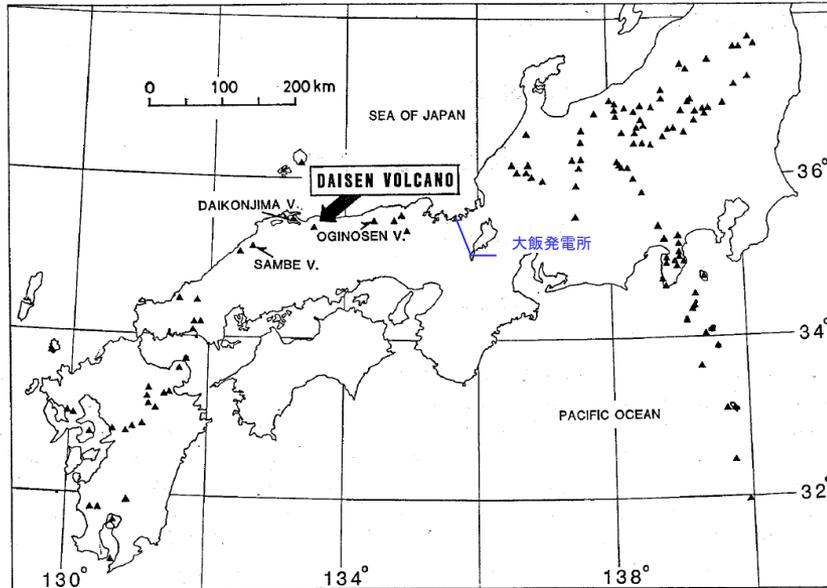


今回、ご説明  
(P4-22)



今回、ご説明  
(P23-26)

### 3.3.2 大山の将来の噴火の可能性に関する検討



地質調査総合センター日本の火山データベース  
[https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/volcano\\_data/H17.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/volcano_data/H17.html)

火山の型式・構造	溶岩ドーム、火砕丘、溶岩流
主な岩石	デイサイト、安山岩

Fig. 1. Index map of Daisen volcano. Solid triangles are Quaternary volcanoes in the central and the west Japan.  
 津久井(1984)に加筆

※1:産総研データベース「日本の火山」によると、大山の最高峰は剣ヶ峰(1,729m)と示される

津久井(1984)によると、以下のとおりである。

- ・大山は、敷地から160km以遠の鳥取県西部に位置し、東西約35km、南北約30km、総体積120km<sup>3</sup>をこえる大型の第四紀複成火山である。
- ・山体は、最高峰弥山(1,729m)※1を中心とし広大な裾野をもち円錐形に近いが、厚い溶岩流からなる船上山等が南北に突出した高まりをつくり、また三鉢峰等の溶岩円頂丘・火砕丘がある。
- ・大山は、更新世中期以降に活動を開始し、少なくとも2万年前までその活動を続けた。

気象庁によると、以下のとおりである。

- ・活火山の定義は「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」としており、その中に大山は含まれていない。

山元(2018)によると、以下のとおりである。

- ・大山は、約10万年前の名和噴火からマグマ噴出率が大きくなり、DKP噴火から弥山噴火を経て、噴出率が急減し約2万年前の三鉢峰噴火で活動を終えた。

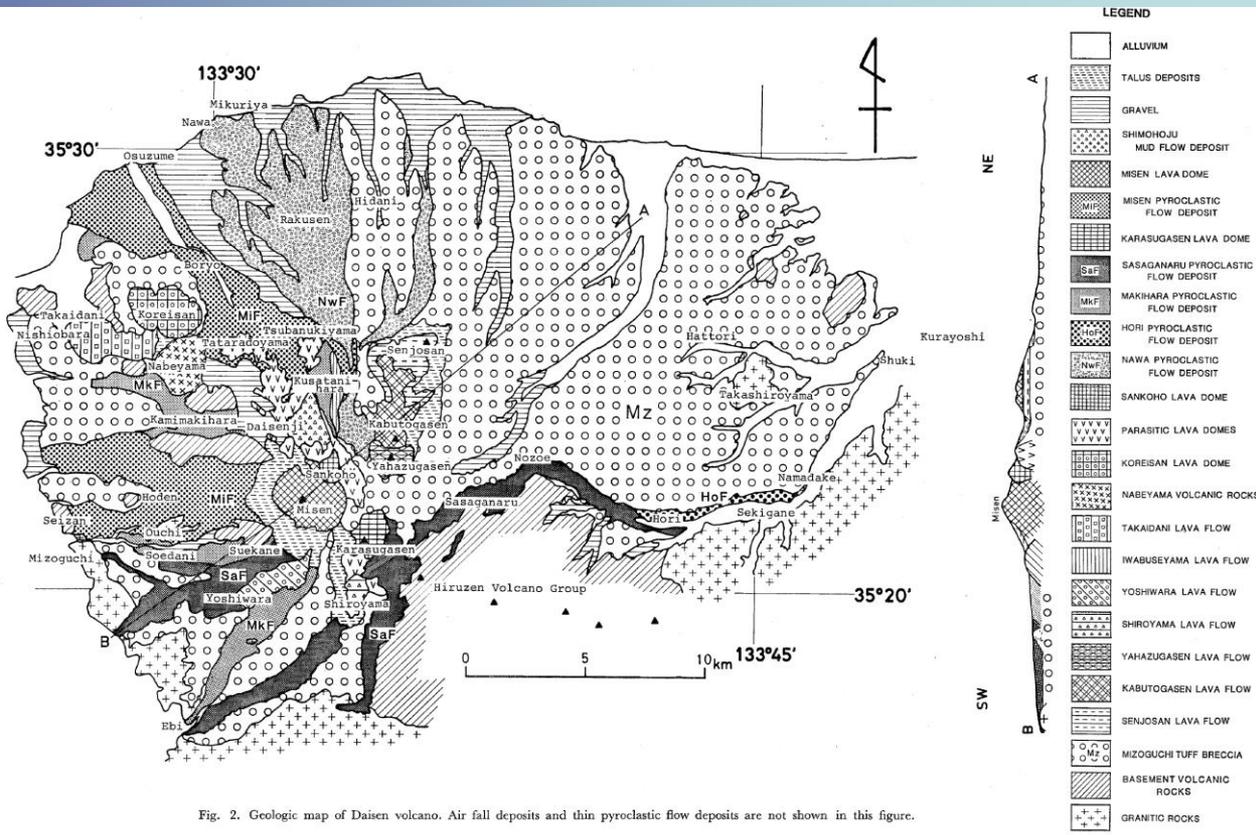
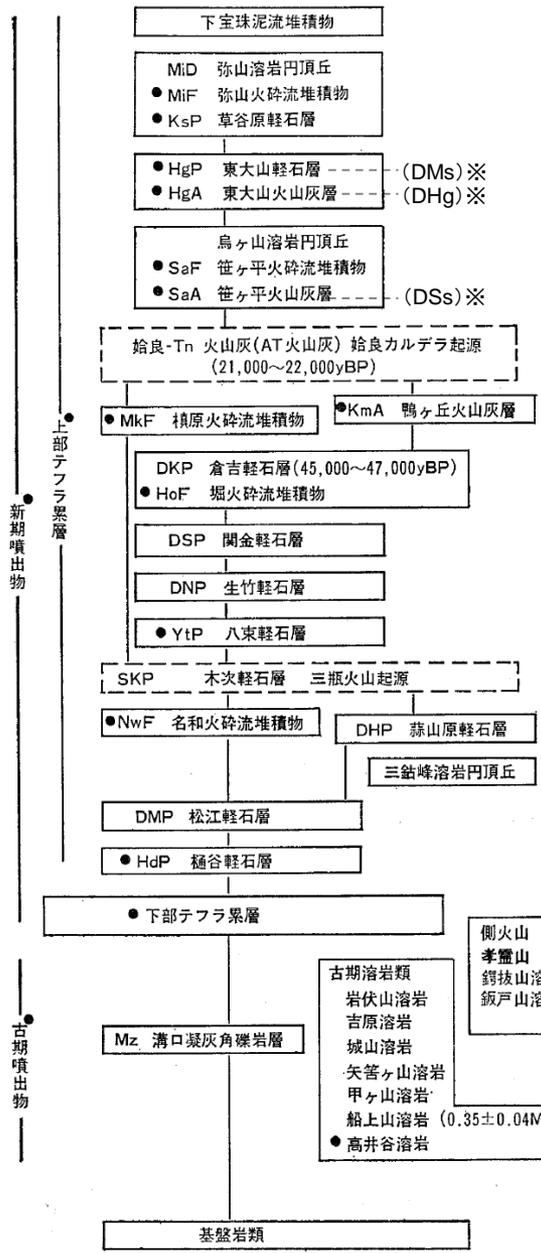
・津久井雅志(1984): 大山火山の地質, 地質学会誌, 90, p.643-p.658

・産総研データベース「日本の火山」: HP ([https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/volcano\\_data/H17.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/volcano_data/H17.html))

・気象庁: HP ([https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan\\_toha/katsukazan\\_toha.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html))

・山元(2018): 大山火山のアダカイト質マグマ供給系, 日本火山学会講演予稿集 2018年度 秋季大会





- ・津久井雅志(1984): 大山火山の地質, 地質学会誌, 90, p.643-p.658
- ・岡田昭明・石賀敏(2000): 大山テフラ, 日本地質学会第107學術体会見学旅行案内書, 2000年松江, p.81-p.90
- ・加藤茂弘・山下徹・檀原徹(2004): 大山テフラの岩石記載的特徴と大山最下部テフラ層中のテフラの対比, 第四紀研究, 43, p.435-p.445

➤津久井(1984)によると、以下のとおり。

・噴出物は新・古期噴出物に分けられ、古期には厚い溶岩流を噴出し、また広大な裾野が形成された。新时期噴出物のうち上部テフラ累層については詳しい層序が明らかにされた。この間大山は1万年~2万年おきに大きな噴火を繰り返した。長い活動の休止期間は認められない。

津久井(1984)に加筆※岡田・石賀(2000)と加藤他(2004)を参照

## DNPの噴出規模の算出方法について

以下のP8~P17に示す資料は、関西電力(2019)での評価内容である。

○DNPの噴出規模は、当社が作成したDNPの等層厚線図を用いて算出した。

○DNPの等層厚線図の作成に用いた情報は、以下のとおりである。

- 火山灰アトラスに記載されるDNPに関する情報(等層厚線図)
- 原子力規制委員会(2018)に示される7地点の降灰層厚

原子力規制委員会(2018)に示される7地点のうち、大山池地点、瀬川山地点、越畑地点、水月湖地点、琵琶湖高島沖地点における文献、現地調査結果については、資料集の資料6のとおり。

- ①岡田・谷本(1986)、②田中他(1982)、③野村・田中(1992)に記載されるDNPの降灰層厚に関する情報

上記①~③に示される各地点における文献調査結果については、資料集の資料6のとおり。

### DNPの降灰層厚に関する文献①~③の結果から等層厚線図の作成に反映する地点について

- ・①岡田・谷本(1986)で記載される7地点(大山池地点は除く)については、火山灰アトラスに引用されている文献でもこれらに近い地点で同程度の層厚が示されていることより、これら7地点の層厚の値は概ね妥当であると判断した。

### 等層厚線図の作成に岡田・谷本(1986)で記載される7地点の降灰層厚に関する情報を反映した

- ・②田中他(1982)、③野村・田中(1992)で記載される2地点については、火山灰アトラスに引用される文献には、これら2地点に近い地点がなく、その層厚の値の確からしさを確認できなかった。

等層厚線図の作成にこれら2地点の降灰層厚に関する情報は、参考扱いとした

DNPの等層厚線図の作成に用いた14地点の降灰層厚の情報は、下表のとおりである。

	評価地点	降灰層厚
原子力規制委員会 示される7地点 (2018)	だいせんいけ 大山池	200cm
	かみさいばら いしごし 上斎原(石越)	100cm
	かみさいばら なかつこう 上斎原(中津河)	150cm
	とろかわやま 瀬川山	10~15cm
	こしはた 越畑	25cm
	すいげつこ 水月湖	なし
	びわ こたかしまおき 琵琶湖高島沖	5cm
文献に示される7地点	くらよしし ほつとり 倉吉市服部	45cm
	くらよしし かせだに はんにや 倉吉市倅谷・般若	110cm
	せきがねちよあ らた 関金町荒田	115cm
	せきがねちよあきがねしゆく みささちよあくもと 関金町関金宿・三朝町福本	220cm
	ちゅうかそんべつしよ 中和村別所	50cm
	にんぎょづげ 人形峠	120cm
	かみさいばらそんおんぼらちよすいちみなみ 上斎原村恩原貯水池南	120cm

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

## 等層厚線図に用いた降灰層厚情報のまとめ

○当社がDNPの等層厚線図の作成にあたって火山灰アトラス以外に用いる地点は、下図に示す報告徴収命令で示された7地点と岡田・谷本(1986)に示された7地点の計14地点(参考扱いの2地点は除く)である。



## 等層厚線図の作成について

- ・14地点の降灰層厚に関する情報を用いて、100cm、50cm、25cm、15cm、5cm、0cmの6本の等層厚線を作成した。
- ・等層厚線図の作成については、須藤他(2007)に記載される以下の(a)～(c)に示す等層厚線図の作成方法に従った。

### 【須藤他(2007)による等層厚線図の作成方法】

- (a)等層厚線図は火口から何らかの基準点とした円または楕円などの滑らかな閉じた曲線を描く
- (b) 複数の等層厚線は互いに交差しない
- (c) 層厚値は火口から離れるにしたがい小さくなる

須藤茂・猪股隆行・佐々木寿・向山栄(2007) : わが国の降下火山灰データベース作成,地質調査研究報告書,58,p.261-p.321

- ・主軸については、火山灰アトラスに示される等層厚線図の主軸を踏襲した。

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

## <①100cmの等層厚線の作成方法>



- ・火山灰アトラスに示される100cmの等層厚線と悴谷・般若地点、大山池地点、上齋原(石越)地点、上齋原(中津河)地点、関金町荒田地点、関金宿・福本地点、人形峠地点及び上齋原村恩原貯水池南地点の8地点が整合しているかを確認し、悴谷・般若地点を除く7地点は、火山灰アトラスに示される100cmの等層厚線に概ね整合していることを確認した。
- ・悴谷・般若地点は、火山灰アトラスに示される100cmの等層厚線の外側となっているため、火山灰アトラスの100cmの等層厚線を若干変更した。

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

## <②50cmの等層厚線の作成方法>



ちゅうかさん

- ・50cmの等層厚線は、中和村別所地点と倉吉市服部地点のやや南を通り、火山灰アトラスに示される50cmの等層厚線の東端と大山を結ぶ直線を長辺とする楕円を設定した。
- ・楕円の形状は①で設定した100cmの等層厚線の形状を参考にしつつ、須藤(2007)に記載される(a)に従い形状を楕円に変更した。

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

## <③25cmの等層厚線の作成方法 >



- ・ 25cmの等層厚線は、越畑地点(25cm)と大山を結ぶ直線を長辺とする楕円を設定した。
- ・ 楕円の形状は②で設定した50cmの等層厚線と瀬川山地点(15cm)の間を通過するようにして①、②で設定した100cm及び50cmの等層厚線の形状と整合するようにした。

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

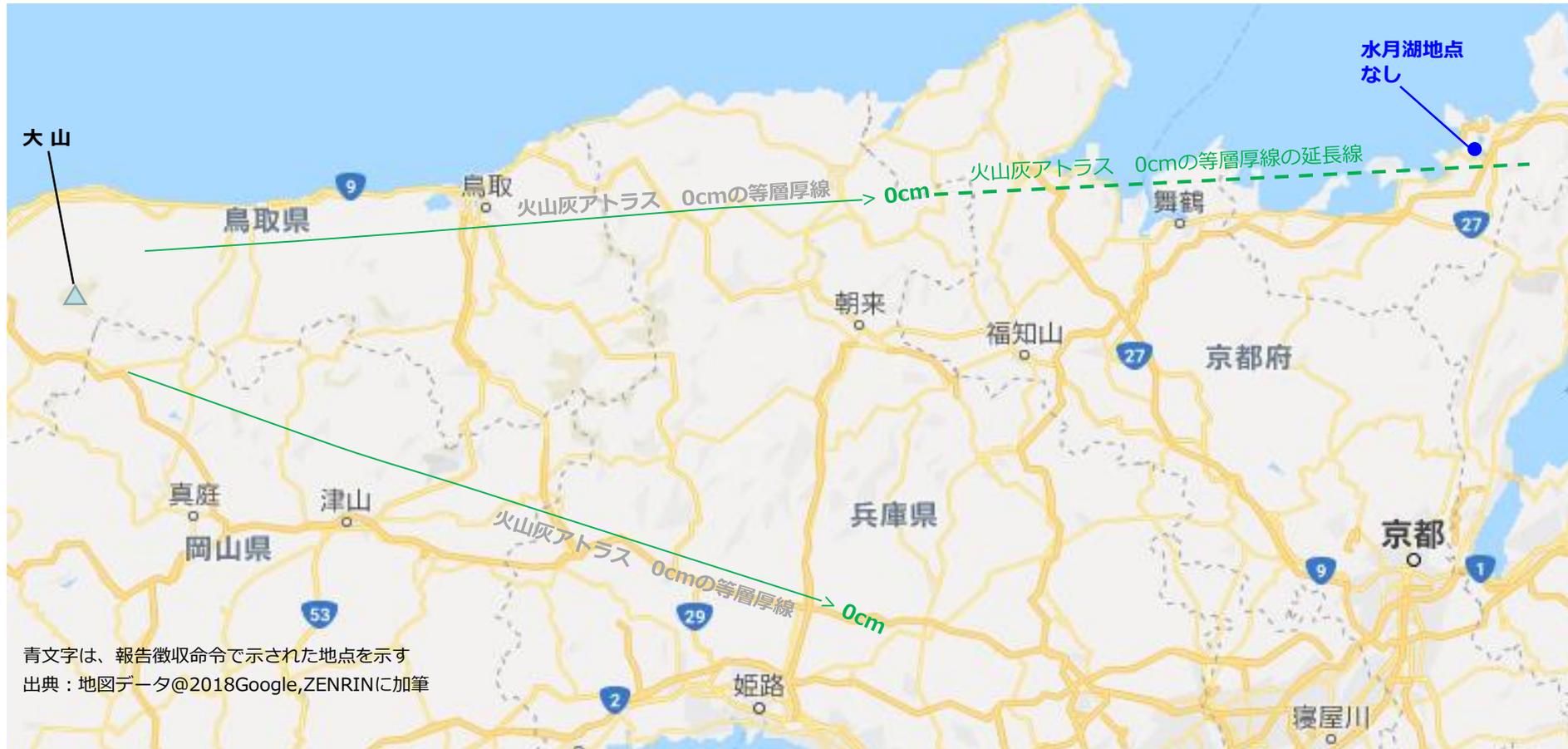
## <④15cm、⑤5cmの等層厚線の作成方法 >



- ・15cmの等層厚線は瀬川山地点(15cm)を通り、また5cmの等層厚線は琵琶湖高島沖地点(5cm)を通り、双方とも①～③で設定した100cm、50cm及び25cmの等層厚線の形状と整合するような楕円の一部を設定した。
- ・双方とも主軸方向に降灰層厚を特定もしくは推定することが出来る情報がないため、楕円は閉じない形状とした。

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

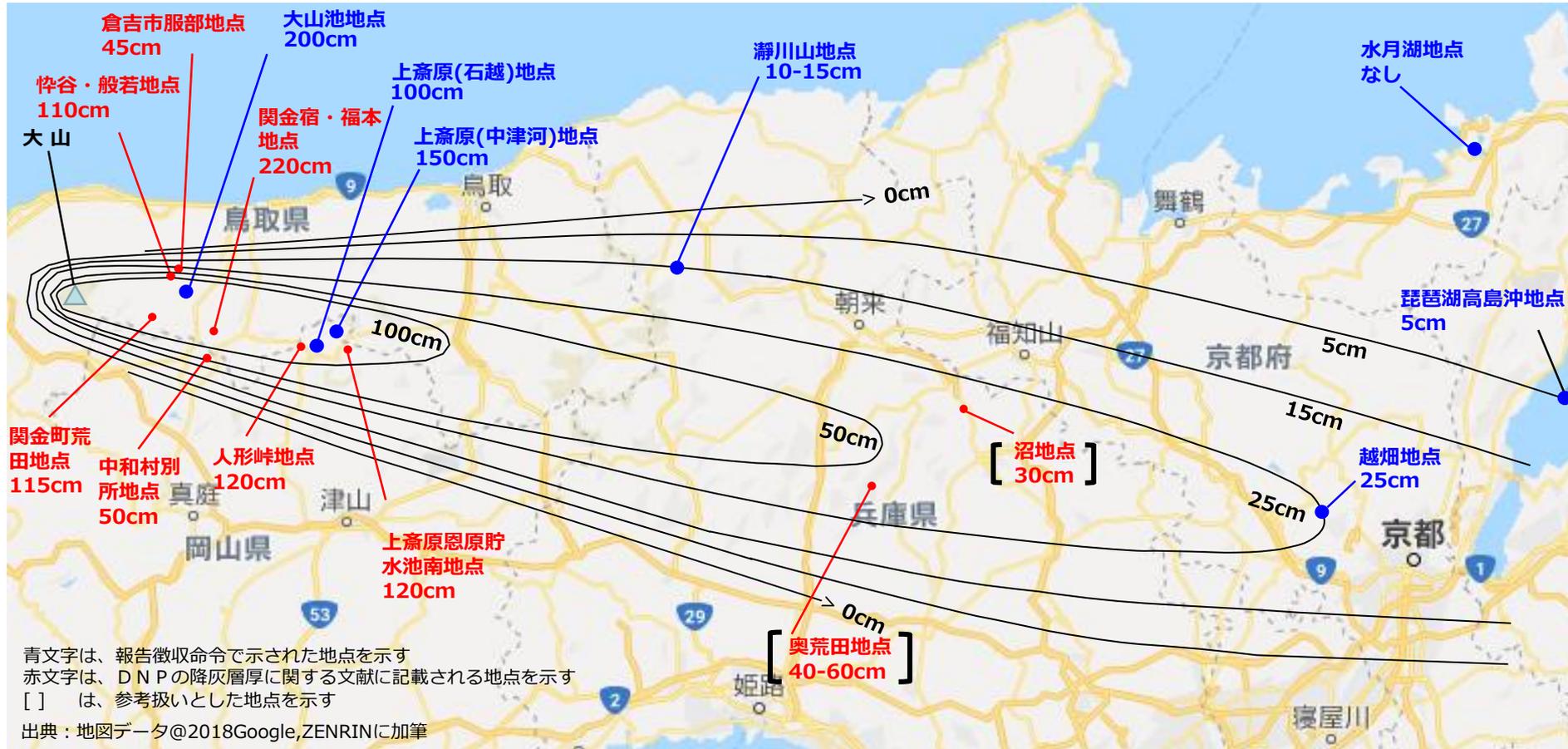
## <⑥0cmの等層厚線の作成方法>



・0cmの等層厚線は、火山灰アトラスに示される0cmの等層厚線の延長線が水月湖地点の層厚と整合していることを確認したため、火山灰アトラスの0cmの等層厚線をそのまま採用した。

# 噴火履歴に関する検討(3/5) 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

## <100,50,25,15,5,0cmの等層厚線を重ね合わせた図>



- ・参考扱いとした沼地点(30cm)については、今回作成した等層厚線図と矛盾しない。
- ・同じく参考扱いとした奥荒田地点(40-60cm)については、降灰層厚を最低値である40cmとすれば今回作成した等層厚線図と矛盾しない。

# 噴火履歴に関する検討(3/5)

## 大山生竹軽石(DNP)の噴出規模に関する評価について

### 等層厚線図から噴出量を算出する方法と降下火砕物の噴出量の算出結果について

- ・等層厚線図から噴出量を算定する方法は、①複数の閉じられた等層厚線から求める方法と、②単一の閉じられた等層厚線から求める方法がある。
- ・今回、作成した等層厚線のうち、閉じられた等層厚線は100cm、50cm、25cmの3本であり、15cm、5cmなど等層厚線図の幾つかは閉合して描けないことおよび給源から近傍範囲と遠方範囲において閉じられた等層厚線のデータが少ないことから、①の方法で必要となる火山からの距離と層厚の関係を精度よく求めることが出来ない可能性がある。一方、②の方法は、簡便法であり一つの等層厚線の面積から全体積を見積もることが可能な方法である。降下火砕物全体の等層厚分布が把握できていない場合にも用いることが可能な方法であり、山元(2017)にも同様な記載が示されている。
- ・上記より、等層厚線図から噴出量を算出する方法として②の単一の閉じた等層厚線から求められる方法であるLegros法とHayakawa法の方法を採用した。

・閉じた3本の等層厚線(100cm、50cm、25cm)のそれぞれの面積を求め、降灰層厚と面積から噴出量を算出した。面積はGoogle Earth Pro(バージョン:7.3.2.5776(64-bit))により算出した。更に三斜法による面積計算を実施することによって、その面積が妥当であることを確認した(詳細は、資料集の資料7のとおり)。

<Legros法を用いたDNPの降下火砕物の噴出量算出結果>

噴出量(km<sup>3</sup>) = 3.69 × 降灰層厚(cm) × 面積(km<sup>2</sup>) 詳細は、資料集の資料9のとおり

降灰層厚(cm)	25	50	100
面積(km <sup>2</sup> )	3,589	1,646	474
噴出量(km <sup>3</sup> )	3.4	3.1	1.8

<Hayakawa法を用いたDNPの降下火砕物の噴出量算出結果>

噴出量(km<sup>3</sup>) = 12.2 × 降灰層厚(cm) × 面積(km<sup>2</sup>) 詳細は、資料集の資料9のとおり

降灰層厚(cm)	25	50	100
面積(km <sup>2</sup> )	3,589	1,646	474
噴出量(km <sup>3</sup> )	11.0	10.1	5.8

以上より、DNPの降下火砕物の噴出量はLegros法の場合、1.8～3.4km<sup>3</sup>、Hayakawa法の場合、5.8～11.0km<sup>3</sup>となった。

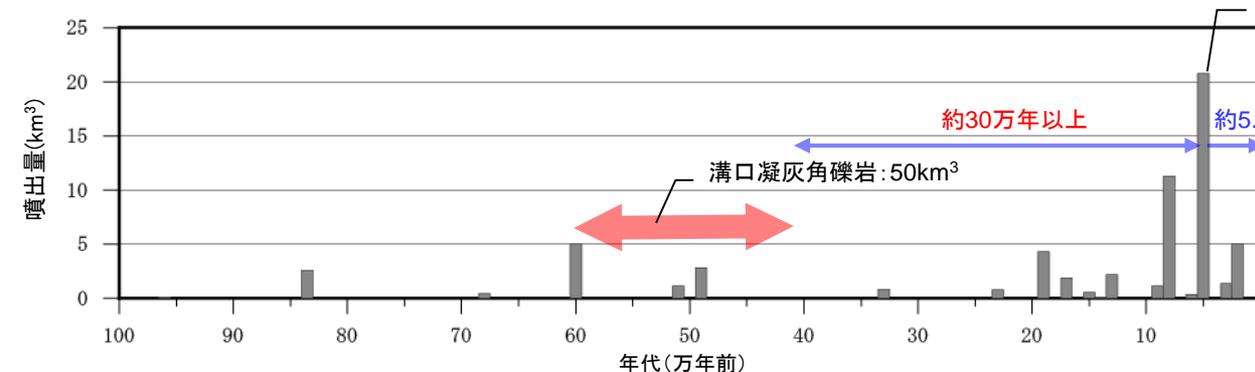
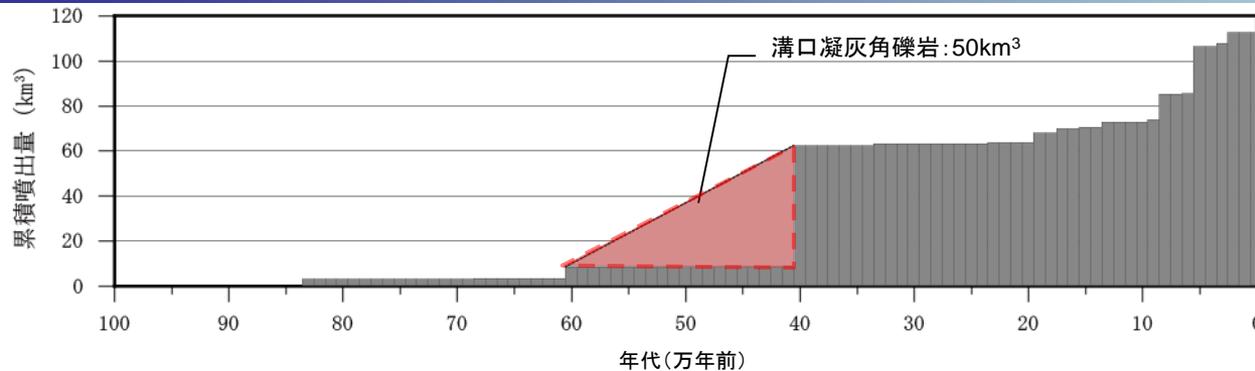
#### 【原子力規制委員会の評価】

原子力規制委員会(2018)によれば、DNPの噴出規模は既往の研究で考えられてきた規模を上回る10km<sup>3</sup>以上と考えられるとしている。

**これらを踏まえ、火山影響評価上、大山生竹軽石(DNP)の降下火砕物の噴出量は、11.0km<sup>3</sup>とする。**

・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, 第1号, p.1-16, 2017

・原子力規制委員会(2018): 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しに伴う報告徴収命令の発出について(案), 平成30年12月12日



噴出物	噴出年代(万年)	噴出量(km <sup>3</sup> )	引用
鍔拔山	96.0	0.10	(2)
下蒜山	83.5	2.60	(2)
飯戸山	68.0	0.40	(2)
二股山溶岩	60.0	5.00	(2)
溝口凝灰角礫岩	40.0 - 60.0	50.00	(3)
中蒜山溶岩	51.0	1.10	(2)
上蒜山溶岩	49.0	2.80	(2)
cpm	33.0	0.80	(1)
hpm1	23.0	0.76	(1)
奥津軽石(DOP)	19.0	4.29	(1)
樋谷軽石(HdP)	17.0	1.87	(1)
hpm2	15.0	0.30	(1)
別所軽石(DBP)	15.0	0.23	(1)
蒜山原軽石(DHP)	14.0	0.14	(1)
松江軽石(DMP)	13.0	2.19	(1)
名和火砕流	9.5	1.00	(2)
荒田軽石1(DAP1)	9.3	0.14	(1)
荒田軽石2(DAP2)	8.3	0.26	(1)
生竹軽石(DNP)	8.0	11.00	-
関金軽石(DSP)	6.8	0.33	(1)
倉吉軽石(DKP)	5.5	20.74	(1)
鴨ヶ丘火山灰(KmA)	5.0	0.04	(1)
下のホーキ(Sh)(DSs <sup>*1</sup> )	2.4	0.37	(1)
上のホーキ(Uh)(DHg <sup>*1</sup> )	2.3	0.44	(1)
弥山軽石(MsP)(DMs <sup>*1</sup> )	2.1	0.54	(1)
弥山一三鉢峰 <sup>*2</sup>	2.0	5.00	(2)

(1)須藤茂・猪股隆行・佐々木寿・向山栄(2007): わが国の降下火山灰データベース作成,地質調査研究報告書,58,p.261-p.321

(2)第四紀火山カタログ委員会編(1999): 日本の第四紀火山カタログver.1.0(CD-ROM),日本火山学会

(3)津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介(1985): 蒜山火山群・大山火山のK-Ar年代,地質学雑誌,91,p.279-p.288

※1)加藤茂弘・山下徹・檀原徹(2004): 大山テフラの岩石記載的特徴と大山最下部テフラ層中のテフラの対比,第四紀研究,43,p.435-p.445

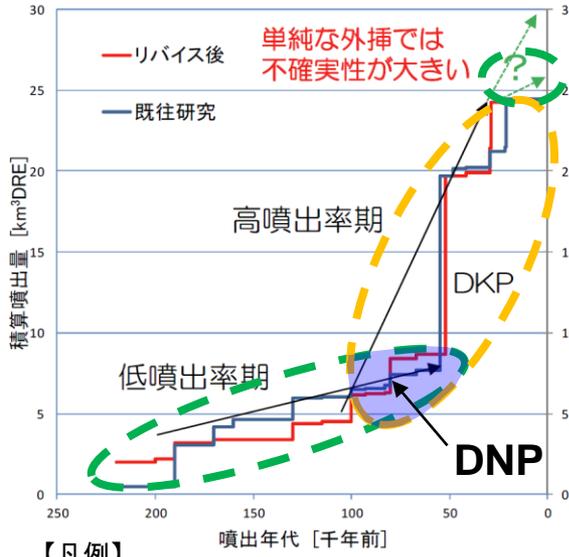
※2)第四紀カタログ編集委員会編(1999): 溶岩円頂丘3km<sup>3</sup>、楨原火砕流1km<sup>3</sup>、弥山火砕流0.5km<sup>3</sup>、清水原火砕流0.5km<sup>3</sup>の合計

- 須藤他(2007)、第四紀カタログ(1999)、津久井他(1985)及び上述の資料を用いて、大山の噴火履歴を整理した。
- 津久井他(1985)によると、大山は100万年前頃に火山活動を開始し、60万年前～40万年前にかけて溝口凝灰角礫岩等が噴出・堆積したとされている。
- 40万年前以降、最も規模の大きな噴火は、大山倉吉軽石(DKP)であったが、DKP噴火に至る活動間隔は、DKP噴火以降の経過時間に比べて十分長いことから、次のDKP規模の噴火までには、十分時間的な余裕があると考えられ、発電所運用期間中におけるこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- 一方、それ以外の噴火については、DKP噴火以前もしくは以降においても繰り返し生じている。

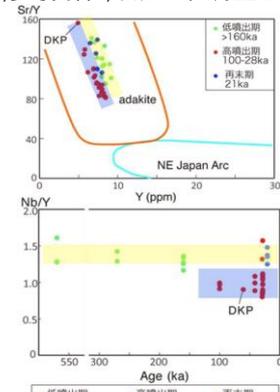
# 噴火履歴に関する検討(5/5)

・原子力規制委員会(2019):第8回地震・津波技術評価検討会,参考資料1,平成31年4月22日に加筆

## 大山火山の事例



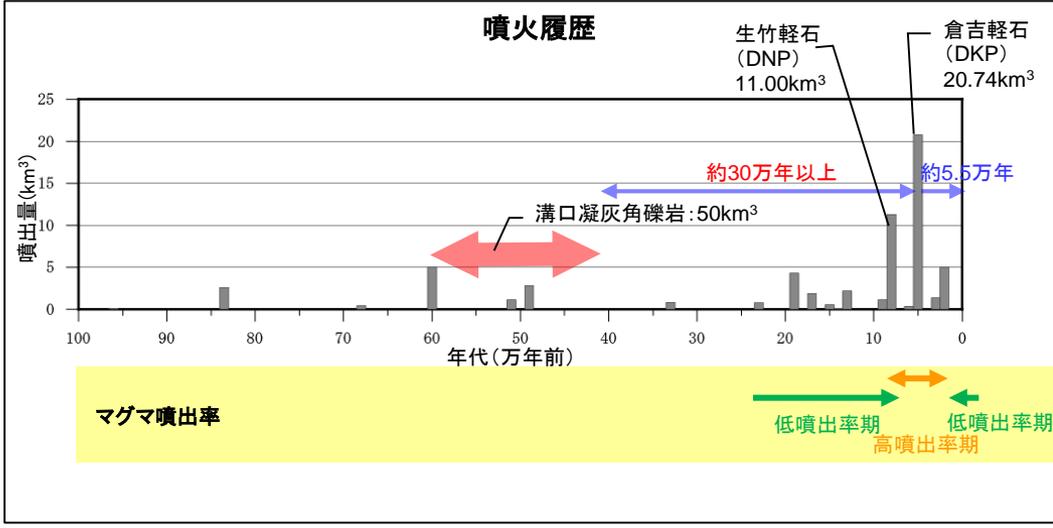
単純な外挿では不確実性が大きい



✓ 化学組成分析の結果から、高噴出率期と低噴出率期では明瞭にトレンドが異なり、約2万年前の最終噴火では、低噴出率期のトレンドに戻っている。  
 ✓ 高噴出率期から低噴出率期への変化は、マントルからのマグマ供給率が低くなったことが示唆される。

【凡例】  
 ( ) : 低噴出率期 ( ) : 高噴出率期

## 噴火履歴

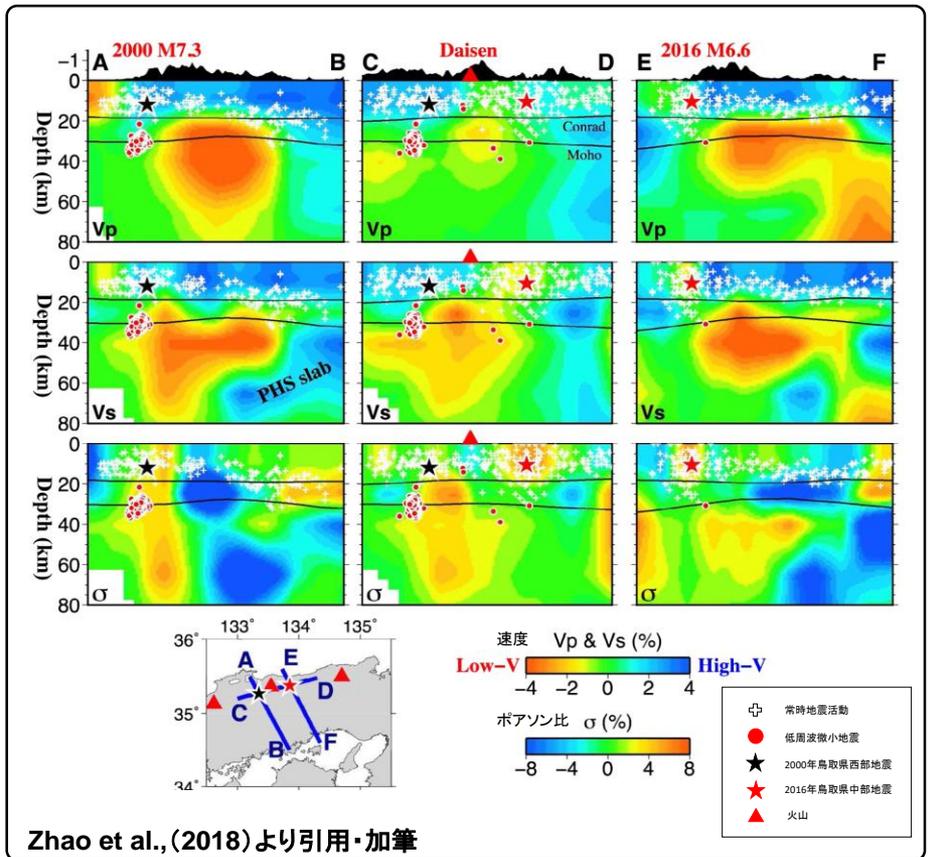
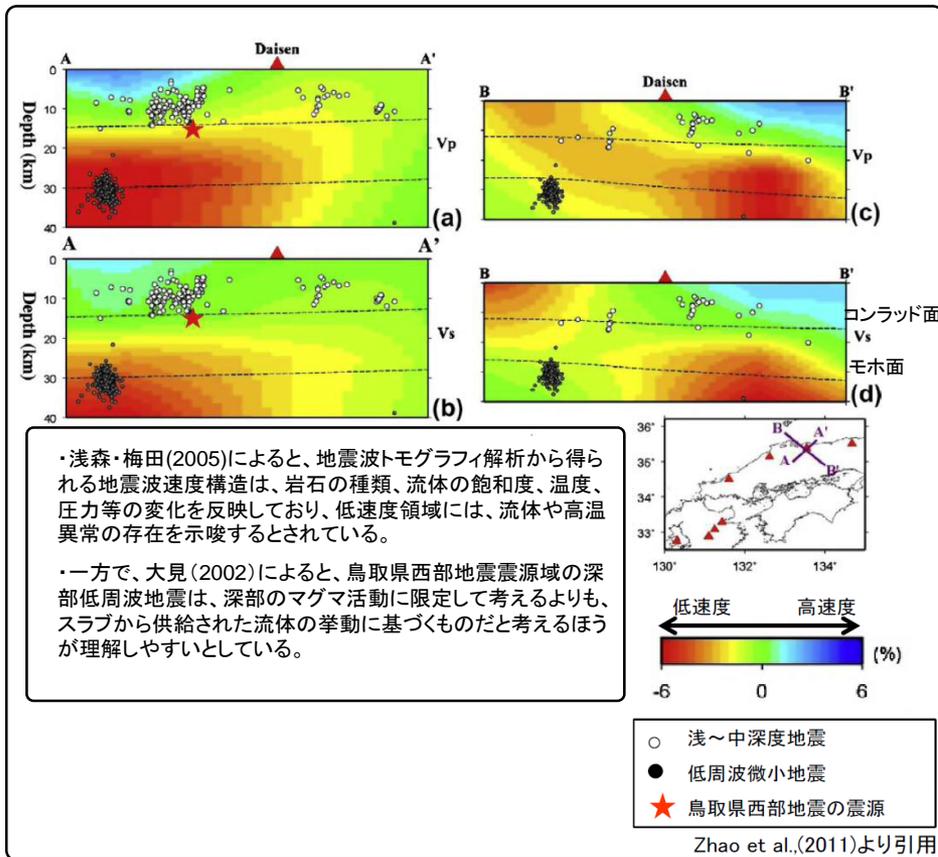


マグマ噴出率

低噴出率期

高噴出率期

- 原子力規制委員会(2019)によると、大山では、階段ダイヤグラムからマグマ噴出率の変化が認められ、噴出率の高噴出率期と低噴出率期では化学組成のトレンドが明瞭に異なり、DKPは高噴出率期のトレンドと一致し、約2万年前の最終噴火では低噴出率期のトレンドに戻っていると示される。
- 巨大噴火並みに大きいDKPは、高噴出率期で起こった噴火であるが、それ以外の繰り返し発生している噴火は高噴出率期と低噴出率期の双方で発生している。
- したがって、低噴出率期に戻ったとされる現在において、発電所運用期間中におけるDKP規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- 原子力規制委員会(2019)によると、DNPの噴出年代は高噴出率期と低噴出率期との境界にあたる。現在、大山は低噴出率期であり、DNPを低噴出率期に発生した噴火と見做すことで、繰り返し発生している噴火の中で最大規模の噴火と評価し、火山影響評価において考慮する。
- また、上記よりDKPは高噴出率期、DNPは低噴出率期で発生した噴火であり、一連の巨大噴火ではないと評価する。



- 保守的に、大山の地下深部の低速度層をマグマ溜りとして評価した場合においても、これら低速度層は20km以深に位置しており、爆発的噴火を引き起こす珪長質マグマの浮力中立点の深度7kmより深い位置にある。
- Zhao et al., (2011)とこの研究をさらに進めたZhao et al., (2018)に示される大山の地下深部に広がる低速度層の上端深度を比較した結果、双方とも同程度の20kmにあり、大山の地下深部に広がる低速度層の深度に変化がない。

・浅森浩一・梅田浩司(2005): 地下深部のマグマ・高温流体等の地球物理学的調査技術—鬼首・鳴子火山地域および紀伊半島南部地域への適用—, 原子力バックエンド研究, 11, p.147—p.156

・Dapeng Zhao, Wei Wei, Yukihisa Nishizono, Hirohito Inakura(2011): Low frequency earthquakes and tomography in western Japan: Insight into fluid and magmatic activity, Journal of Asian Earth Sciences, 42, p.1381—p.1393

・Dapeng Zhao, Xin Liu and Yuanyuan Hua(2018): Tottori earthquakes and Daisen volcano: Effects of fluids, slab melting and hot mantle upwelling. Earth and Planetary Science Letters, 485, p.121—p.129.

・大見士朗(2002): 西南日本内陸の活断層に発生する深部低周波地震, 京都大学防災研究所年報, 45B, 平成14年4月, p.545—p.553

・東宮昭彦(1997): 実験岩石学的手法で求まるマグマ溜まりの深さ, 月刊地球, 19, p.720—p.724

・原子力規制委員会(2019):平成31年4月22日,第8回地震・津波技術評価検討会,参考資料1より抜粋

## (2) 噴火規模及び影響範囲推定のための調査・研究 (火山影響評価のためのマグマ供給系発達過程の検討)

### b. 成果概要

- 支笏、阿蘇、鬼界カルデラ等の噴火直前のマグマの温度・圧力条件から、マグマの定置深さを推定した結果、いずれも概ね10km以浅に定置したと推定された。

#### 鬼界カルデラの事例

##### <マグマの温度推定例>



図6 軽石内の輝石及び鉄チタン鉱物反射電子像  
斜方輝石と単斜輝石、磁鉄鉱とイルメナイトの固溶体の化学組成分析から晶出温度を推定した

##### <マグマの圧力推定例>

メルト包有物の含水量は 2.2~4.8 wt%

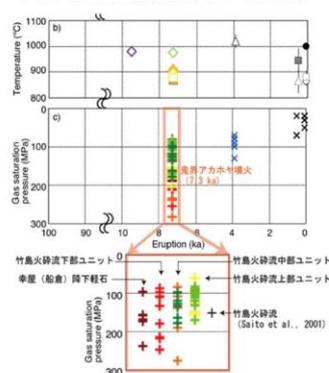


図7 メルト包有物(ガラス)中揮発成分のメルトへの溶解度の圧力依存性から見積もったマグマのガス飽和圧力  
Papale et al. (2006) で提案されているケイ酸塩メルトへのH<sub>2</sub>O及びCO<sub>2</sub>溶解度モデルを適用した

##### <熱力学計算コード (MELTS) の計算例>

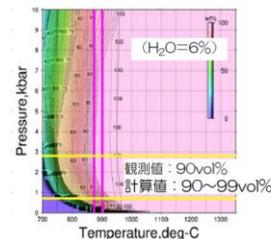
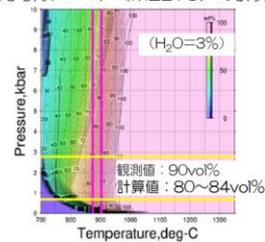


図8 メルト包有物(ガラス)の含水量から求めた圧力条件(竹島火砕流中部ユニット)<sup>11</sup>

### a. 火山影響評価のためのマグマ供給系発達過程の検討

過去に巨大噴火を起こした火山の噴出物組成の時間変化の検討から、巨大噴火の発生前には、珪長質マグマが噴出していることを示した。また、噴火直前のマグマの温度・圧力条件からマグマの定置深さを推定した結果、概ね10km以浅に定置していることを示した。

17

- 原子力規制委員会(2019)によると、過去に巨大噴火を起こした火山の噴火直前のマグマの温度・圧力条件からマグマの定置深さを推定した結果、概ね深度10km以浅に定置していると示されるが、この深さに対しても大山の地下深部に広がる低速度層の上端深度は、20km以深である。

## 【噴火履歴による検討結果】

- 津久井(1984)、守屋(1983)、米倉他(2001)によると、大山は更新世中期に活動を開始し、少なくとも2万年前以降までその活動を続けたとされており、現在は第4期に整理されている。また、第4期の噴出量は第1期～第3期に比べて少なく、数km<sup>3</sup>とされている。
- 山元(2018)によると、大山は、約10万年前の名和噴火からマグマ噴出率が大きくなり、DKP噴火から弥山噴火を経て、噴出率が急減し約2万年前の三鉢峰噴火で活動を終えた、とされている。
- 気象庁が選定する国内の活火山の中に大山は含まれていない。
- 40万年前以降、最も規模の大きな噴火は、大山倉吉軽石(DKP)であったが、DKP噴火に至る活動間隔は、DKP噴火以降の経過時間に比べて十分長いことから、次のDKP規模の噴火までには、十分時間的な余裕があると考えられ、発電所運用期間中にこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- 一方、それ以外の噴火については、DKP噴火以前もしくは以降においても繰り返し生じている。
- 原子力規制委員会(2019)によると、大山では、階段ダイヤグラムからマグマ噴出率の変化が認められ、噴出率の高噴出率期と低噴出率期では化学組成のトレンドが明瞭に異なり、DKPは高噴出率期のトレンドと一致し、約2万年前の最終噴火では低噴出率期のトレンドに戻っていると示される。
- 巨大噴火並みに大きいDKPは、高噴出率期で起こった噴火であるが、それ以外の繰り返し発生している噴火は高噴出率期と低噴出率期の双方で発生している。
- したがって、低噴出率期に戻ったとされる現在において、発電所運用期間中におけるDKP規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- 原子力規制委員会(2019)によると、DNPの噴出年代は高噴出率期と低噴出率期との境界にあたる。現在、大山は低噴出率期であり、DNPを低噴出率期に発生した噴火と見做すことで、繰り返し発生している噴火の中で最大規模の噴火と評価し、火山影響評価において考慮する。
- また、上記よりDKPは高噴出率期、DNPは低噴出率期で発生した噴火であり、一連の巨大噴火ではないと評価する。

## 【地下構造による検討結果】

- 爆発的噴火を引き起こす珪長質マグマの浮力中立点の深度は、7km程度に定置すると考えられる。また、原子力規制委員会(2019)によると、過去に巨大噴火を起こした火山の噴火直前のマグマの温度・圧力条件からマグマの定置深さを推定した結果、概ね10km以浅に定置していると示される。
- Zhao et al., (2011)とこの研究をさらに進めたZhao et al., (2018)に示される大山の地下深部に広がる低速度層の上端深度を比較した結果、双方とも同程度の20kmにあり、大山の地下深部に広がる低速度層の深度に変化がない。
- 保守的に、大山の地下深部の低速度層をマグマ溜りとして評価した場合においても、これら低速度層は20km以深に位置し、爆発的噴火を引き起こす珪長質マグマの浮力中立点の深度および原子力規制委員会(2019)に示される深度よりも深い位置に定置している。

- ・大山については、発電所運用期間中に大山倉吉軽石(DKP)規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- ・火山影響評価上、発電所運用期間中の考慮すべき噴火規模としては、大山倉吉軽石(DKP)以外の噴火の中で最大規模となる大山生竹軽石(DNP)の噴火の可能性を考慮し、その噴出規模を11km<sup>3</sup>とした降下火砕物シミュレーションを実施する。

## 5. 参考文献

- ・東宮昭彦(1997): 実験岩石学的手法で求まるマグマ溜まりの深さ, 月刊地球, 19, p.720—p.724
- ・第四紀火山カタログ委員会編(1999): 日本の第四紀火山カタログver.1.0(CD-ROM), 日本火山学会
- ・津久井雅志(1984): 大山火山の地質, 地質学会誌, 90, p.643—p.658
- ・守屋以智雄(1983): 日本の火山地形, 東京大学出版会, p.34
- ・米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高(2001): 日本の地形 I 総説, 東京大学出版会, p.183—p.184
- ・岡田昭明・石賀敏(2000): 大山テフラ, 日本地質学会第107学術大会見学旅行案内書2000年松江, p81—p.90
- ・須藤茂・猪股隆行・佐々木寿・向山栄(2007): わが国の降下火山灰データベース作成, 地質調査研究報告書, 58, p.261—p.321
- ・津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介(1985): 蒜山火山群・大山火山のK-Ar年代, 地質学雑誌, 91, p.279—p.288
- ・浅森浩一・梅田浩司(2005): 地下深部のマグマ・高温流体等の地球物理学的調査技術—鬼首・鳴子火山地域および紀伊半島南部地域への適用—, 原子力バックエンド研究, 11, p147—p.156
- ・Dapeng Zhao・Wei Wei・Yukihisa Nishizono・Hirohito Inakura(2011): Low frequency earthquakes and tomography in western Japan : Insight into fluid and magmatic activity , Journal of Asian Earth Sciences , 42 , p.1381—p.1393
- ・大見士朗(2002): 西南日本内陸の活断層に発生する深部低周波地震, 京都大学防災研究所年報, 45B, 平成14年4月, p.545—p.553
- ・加藤茂弘・山下徹・檀原徹(2004): 大山テフラの岩石記載的特徴と大山最下部テフラ層中のテフラの対比, 第四紀研究, 43, p.435—p.445

- ・産総研データベース「日本の火山」: HP ([https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/volcano\\_data/H17.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/volcano_data/H17.html))
- ・気象庁: HP  
([https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan\\_toha/katsukazan\\_toha.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html))
- ・山元孝広(2018): 大山火山のアダカイト質マグマ供給系, 日本火山学会講演予稿集 2018年度 秋季大会
- ・関西電力(2019): 大山火山灰に係る新知見を踏まえた噴出規模と原子力発電所ごとの敷地における降下火砕物の最大層厚に関する評価結果について
- ・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, 第1号, p.1-16, 2017
- ・原子力規制委員会(2018): 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しに伴う報告徴取命令の発出について (案), 平成30年12月12日
- ・原子力規制委員会(2019): 第8回地震・津波技術評価検討会, 参考資料1, 平成31年4月22日
- ・Dapeng Zhao, Xin Liu and Yuanyuan Hua(2018): Tottori earthquakes and Daisen volcano: Effects of fluids, slab melting and hot mantle upwelling. *Earth and Planetary Science Letters*, 485, p.121 – p.129.

## — 資料集 —

- ・原子力規制委員会(2018): 大山火山の火山灰分布に関する関西電力との意見交換会及び現地調査結果について, 資料5, 平成30年11月21日
- ・桂睦会(1967): 京都市右京区, 越畑盆地の第四紀層 大阪層群総研連絡紙, No.2, 18-22
- ・京都府(1997): 平成8年度 京都西山断層群に関する調査研究成果報告書
- ・Takahara et al. (2000): Hikaru TAKAHARA, Yoshihiro UEMURA and Toru DANHARA(2000) The Vegetation and Climate History during the Early and Mid Last Glacial Period in Kamiyoshi Basin, Kyoto, Japan
- ・ Matsubara et al.(2019) : Matsubara, M., H. Sato, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Kanazawa, N. Takahashi, K. Suzuki and S. Kamiya (2019) Seismic velocity structure in and around the Japanese Island src derived from seismic tomography including NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, Seismic Waves - Probing Earth System, IntechOpen, 1-19, doi:10.5772/intechopen.86936
- ・ Legros(2000): Minimum volume of a tephra fallout deposit estimated from a single isopach. J. Volcanol. Geotherm. Res., 96, p.25—p.32
- ・ Hayakawa(1985): Pyroclastic geology of Towada volcano. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 60, p.507—p.592