

関原発第598号

2021年2月26日

原子力規制委員会 殿

住 所 大阪市北区中之島3丁目6番16号  
申請者名 関西電力株式会社  
代表者 執行役社長 森本 孝  
の氏名

2019年9月26日付け関原発第239号をもちまして申請（2021年1月26日付け関原発第555号で一部補正）いたしました高浜発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（1号、2号、3号及び4号発電用原子炉施設の変更）を下記のとおり一部補正いたします。

#### 記

高浜発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（1号、2号、3号及び4号発電用原子炉施設の変更）を別添のとおり一部補正する。

別 添

添 付 書 類 六の一部補正

# 添付書類六の一部補正

添付書類六を以下のとおり補正する。

頁	行	補 正 前	補 正 後
6-目-1 ～ 6-目-4		(記載の変更)	別紙6-目-1のとおり変更する。

## 別添 4

## 添 付 書 類 六

変更に係る発電用原子炉施設の場所に関する気象、地盤、

水理、地震、社会環境等の状況に関する説明書

令和2年12月2日付け原規規発第2012026号をもって設置変更許可を受けた高浜発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書の添付書類六の1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉に係る記述のうち、下記内容を変更又は追加する。また、1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉の各項目について、別表1のとおり読み替える。

## 記

(1号炉)

7. 火山のうち以下を変更又は追加する。

7.5 火山事象の影響評価

7.5.1 降下火砕物

7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果

(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討

b. 大山倉吉軽石及び大山<sup>だいせんなまだけ</sup>生竹軽石（大山）

c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup>（飛驒山脈）

(2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討

7.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果

7.5.1.3 評価結果

7.6 参考文献

図

- 第 7.5.1 図 敷地周辺に堆積する降下火砕物の給源火山とその分布  
(中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)
- 第 7.5.2 図 敷地周辺の降下火砕物の分布 (中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・  
新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)
- 第 7.5.3 図 大山の噴火履歴
- 第 7.5.4 図 大山生竹軽石の等層厚線図
- 第 7.5.5 図(1) 原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>による大山の噴出率期の評価
- 第 7.5.5 図(2) Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>による大山の噴出率期の  
評価
- 第 7.5.6 図(1) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>に加筆)
- 第 7.5.6 図(2) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>に加筆)
- 第 7.5.7 図(1) 大山の降下火砕物シミュレーション結果 (基本ケース)
- 第 7.5.7 図(2) 大山の降下火砕物シミュレーション結果 (基本ケース)
- 第 7.5.8 図 粒度試験結果

(2号炉)

7. 火山のうち以下を変更又は追加する。

7.5 火山事象の影響評価

7.5.1 降下火砕物

7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果

(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討

b. 大山倉吉軽石及び大山生竹軽石<sup>だいせんなまだけ</sup> (大山)

c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup> (飛騨山脈)

(2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討

7.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果

7.5.1.3 評価結果

7.6 参考文献

図

- 第 7.5.1 図 敷地周辺に堆積する降下火砕物の給源火山とその分布  
(中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)
- 第 7.5.2 図 敷地周辺の降下火砕物の分布 (中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町  
田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)
- 第 7.5.3 図 大山の噴火履歴
- 第 7.5.4 図 大山生竹軽石の等層厚線図
- 第 7.5.5 図(1) 原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>による大山の噴出率期の評価
- 第 7.5.5 図(2) Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>による大山の噴出率期の  
評価
- 第 7.5.6 図(1) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>に加筆)
- 第 7.5.6 図(2) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>に加筆)
- 第 7.5.7 図(1) 大山の降下火砕物シミュレーション結果 (基本ケース)
- 第 7.5.7 図(2) 大山の降下火砕物シミュレーション結果 (基本ケース)
- 第 7.5.8 図 粒度試験結果



(3号炉及び4号炉)

8. 火山のうち以下を変更又は追加する。

8.5 火山事象の影響評価

8.5.1 降下火砕物

8.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果

(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討

b. 大山倉吉軽石及び大山生竹軽石<sup>だいせんなまだけ</sup> (大山)

c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup> (飛騨山脈)

(2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討

8.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果

8.5.1.3 評価結果

8.6 参考文献

図

- 第 8.5.1 図 敷地周辺に堆積する降下火砕物の給源火山とその分布  
(中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)
- 第 8.5.2 図 敷地周辺の降下火砕物の分布 (中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町  
田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)
- 第 8.5.3 図 大山の噴火履歴
- 第 8.5.4 図 大山生竹軽石の等層厚線図
- 第 8.5.5 図(1) 原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>による大山の噴出率期の評価
- 第 8.5.5 図(2) Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>による大山の噴出率期の  
評価
- 第 8.5.6 図(1) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>に加筆)
- 第 8.5.6 図(2) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>に加筆)
- 第 8.5.7 図(1) 大山の降下火砕物シミュレーション結果 (基本ケース)
- 第 8.5.7 図(2) 大山の降下火砕物シミュレーション結果 (基本ケース)
- 第 8.5.8 図 粒度試験結果

(1号炉)

変 更 前	変 更 後
<p>7.5 火山事象の影響評価</p> <p>7.5.1 降下火砕物</p> <p>7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果</p> <p>(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討</p> <p>b. 大山倉吉テフラ（大山火山）</p> <p>c. 恵比須峠福田テフラ（飛騨山脈）</p>	<p>7.5 火山事象の影響評価</p> <p>7.5.1 降下火砕物</p> <p>7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果</p> <p>(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討</p> <p>b. 大山倉吉軽石及び大山生<sup>だいせんなま</sup>竹軽石（大山）</p> <p>c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup>（飛騨山脈）</p>

(図)

変 更 前	変 更 後
第 7.5.4 図 第 7.5.5 図(1) 第 7.5.5 図(2) 第 7.5.6 図	第 7.5.6 図(1) 第 7.5.6 図(2) 第 7.5.7 図(1) 第 7.5.7 図(2) 第 7.5.8 図

(2号炉)

変更前	変更後
<p>7.5 火山事象の影響評価</p> <p>7.5.1 降下火砕物</p> <p>7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果</p> <p>(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討</p> <p>b. 大山倉吉テフラ（大山火山）</p> <p>c. 恵比須峠福田テフラ（飛驒山脈）</p>	<p>7.5 火山事象の影響評価</p> <p>7.5.1 降下火砕物</p> <p>7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果</p> <p>(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討</p> <p>b. 大山倉吉軽石及び大山<sup>だいせんなま</sup>生<sup>だけ</sup>竹軽石（大山）</p> <p>c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup>（飛驒山脈）</p>

(図)

変 更 前	変 更 後
第 7.5.4 図 第 7.5.5 図(1) 第 7.5.5 図(2) 第 7.5.6 図	第 7.5.6 図(1) 第 7.5.6 図(2) 第 7.5.7 図(1) 第 7.5.7 図(2) 第 7.5.8 図

(3号炉及び4号炉)

変更前	変更後
<p>8.5 火山事象の影響評価</p> <p>8.5.1 降下火砕物</p> <p>8.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果</p> <p>(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討</p> <p>b. 大山倉吉テフラ (大山火山)</p> <p>c. 恵比須峠福田テフラ (飛驒山脈)</p>	<p>8.5 火山事象の影響評価</p> <p>8.5.1 降下火砕物</p> <p>8.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果</p> <p>(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討</p> <p>b. 大山倉吉軽石及び大山<sup>だいせんなま</sup>生<sup>だけ</sup>竹軽石 (大山)</p> <p>c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup> (飛驒山脈)</p>

(図)

変 更 前	変 更 後
第 8.5.4 図 第 8.5.5 図(1) 第 8.5.5 図(2) 第 8.5.6 図	第 8.5.6 図(1) 第 8.5.6 図(2) 第 8.5.7 図(1) 第 8.5.7 図(2) 第 8.5.8 図



頁	行	補 正 前	補 正 後
6(1)-7-1 ~ 6(1)-7-17		(記載の変更)	別紙 6(1)-7-1 のとおり変更する。

(1号炉)

## 7. 火山

### 7.5 火山事象の影響評価

#### 7.5.1 降下火砕物

##### 7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果

「原子力発電所に影響を及ぼし得る7火山」及び地理的領域外の火山について、文献調査及び地質調査結果より、敷地及びその周辺において降灰層厚が比較的厚い降下火砕物を抽出した。

文献調査を行った結果、噴出源を同定できる降下火砕物の分布を第7.5.1図及び第7.5.2図に示す<sup>(1)(36)</sup>。敷地付近への降下火砕物の分布としては、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラが層厚20cm程度、大山倉吉<sup>だいせんくらよし</sup>軽石が層厚10cm程度、恵比須<sup>えびす</sup>峠<sup>とうげ</sup>福田<sup>ふくだ</sup>テフラが層厚40cm程度、阿蘇<sup>あそ</sup>4テフラが層厚15cm以上とされている<sup>(36)</sup>。ただし、阿蘇4テフラについては、Smith et al. (2013)<sup>(37)</sup>によると、敷地<sup>すいげつこ</sup>周辺の水月湖で実施されたボーリング調査結果より層厚が約4cm程度である。一方、噴出源を同定できない降下火砕物として、三方<sup>みかたこ</sup>湖東岸においてNEXCO80が層厚20cmとされている<sup>(38)</sup>。文献調査結果より、「原子力発電所に影響を及ぼし得る7火山」の降下火砕物については、敷地及びその周辺においては確認できなかった。

地質調査を行った結果、敷地及びその周辺に分布する主な広域テフラとしては、鬼界<sup>きかい</sup>葛原<sup>とつらはら</sup>テフラ（約9.5万年前）、大山倉吉<sup>だいせんくらよし</sup>軽石（約5.5万年前）、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラ（約2.9万年前～約2.6万年前）、鬼界アカホヤテフラ（約7,300年前）などが確認されているが、降下火砕物として厚く堆積する箇所は確認されていない。また、若狭湾沿岸における津波堆積物調査<sup>(39)</sup>において、火山灰分析等を実施しており、その結果、鬼界アカホヤテフラ、鬱陵<sup>うつりょう</sup>隠岐<sup>おき</sup>テフラ（約1.07万年前）、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラなどが認められ、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラの降灰層厚は10.5cmであるが、それ以外の降下火砕物の降灰層厚は10cm以下である。地質調査結果より、「原子力発電所に影響を及ぼし得る7火山」の降下火砕物については、敷地及びその周辺においては確認できなかった。

以上より、噴出源が同定できる降下火砕物については、文献調査及び地質調査に加え位置関係も含めて検討した結果、敷地及びその周辺において降灰層厚が比較的厚い、始良Tnテフラ、大山倉吉軽石及び恵比須峠福田テフラを対象に、当該火山の将来の噴火の可能性について噴火履歴及び地下構造から検討した。一方、噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚については、その堆積状況及び堆積環境より検討した。

(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討

b. 大山倉吉軽石及び大山生竹軽石<sup>だいせんなまだけ</sup>（大山）<sup>(3)(45)~(70)</sup>

大山倉吉軽石の噴出源は大山であり、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<sup>(45)</sup>。山元(2018)<sup>(47)</sup>によると約10万年前の名和噴火からマグマ噴出率が大きくなり、大山倉吉軽石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。また、気象庁<sup>(48)</sup>によると活火山には大山は含まれていない。第四紀火山の発達史的分類では、現在は第4期に整理されており、その第4期の噴出量は第1期～第3期に比べて少なく、数 $\text{km}^3$ とされている。

<sup>(49)(50)</sup>

大山の噴火履歴より、40万年前以降、大山の最も規模の大きな噴火は、大山倉吉軽石であったが、大山倉吉軽石噴火に至る活動間隔は、大山倉吉軽石噴火以降の経過時間に比べて十分長いことから、次の大山倉吉軽石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（約 $20\text{km}^3$ 以上）の噴火の可能性は十分低いと考えられる。一方、大山倉吉軽石以外の噴火については、大山倉吉軽石噴火以前又はそれ以降においても繰り返し生じている。大山の噴火履歴に基づく階段ダイヤグラムを第7.5.3図に示す。

この繰り返し生じた噴火のうち、原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>によると越畑地点において大山生竹軽石の降灰層厚の評価厚さを25cmとしている。この大山生竹軽石について、町田・新井

(2011)<sup>(36)</sup>、岡田・谷本(1986)<sup>(57)</sup>及び原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>に示される降灰層厚の情報をもとに等層厚線図を作成し、噴出量を Legros(2000)<sup>(59)</sup>及び Hayakawa(1985)<sup>(60)</sup>の手法で算定した結果、1.8～11.0km<sup>3</sup>となった。原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>によれば、大山生竹軽石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とを踏まえ、火山影響評価上、大山生竹軽石の噴出量は11.0km<sup>3</sup>とする。第7.5.4図に大山生竹軽石の等層厚線図を示す。

原子力規制庁(2019)<sup>(61)</sup>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、大山倉吉軽石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されている。また、原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>においては、大山倉吉軽石は高噴出率期に、大山生竹軽石は低噴出率期に発生したとし(第7.5.5図(1))、その研究を更に進めた原子力規制庁(2019)<sup>(61)</sup>においては高噴出率期に発生したとしている。

Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>によると、大山のアダカイトはK<sub>2</sub>O量の高いグループと低いグループに分類できるとし、低いグループのアダカイトは約10万年前から約2万年前の高噴出率期に発生し、高いグループのアダカイトはその高噴出率期の前後に発生したとしている。また、大山倉吉軽石と大山生竹軽石は低いグループに属するとしている(第7.5.5図(2))。

これらのことから、巨大噴火並みに大きい大山倉吉軽石規模の噴火は、高噴出率期でのみ発生すると考えられ、低噴出率期に戻るとされる現在において、発電所運用期間中における大山倉吉軽石規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。

また、大山生竹軽石について、火山影響評価上、低噴出率期に発生した噴火と見做して火山影響評価の対象として考慮するものとし、高噴出率期に発生した大山倉吉軽石と低噴出率期に発生した大山生

竹軽石は一連の巨大噴火では無いと評価する。

兼岡・井田（1997）<sup>(41)</sup>および東宮（1997）<sup>(42)</sup>から、マグマの深さと組成との関係を検討した結果、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。大山の地下構造については、Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>および大見(2002)<sup>(65)</sup>によると、大山の地下深部に広がる低速度層と、大山の西で生じている低周波地震の存在から、地下深部にマグマ溜まりが存在する可能性が示唆されるものの、仮にマグマ溜まりだとしても、これらの低速度層は20km以深に位置していることが示される（第7.5.6図(1)）。この研究をさらに進めたZhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>によると、大山の地下深部の低速度層の存在が示されるが、その深度はZhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>と同程度であり、大山の地下深部に広がる低速度層の深度に変化がないことが示される（第7.5.6図(2)）。

以上より、大山については、火山発達史、噴火履歴の検討結果、噴出率期および地下構造の評価結果から、発電所運用期間中における大山倉吉軽石規模相当の噴火の可能性は十分低いと評価する。

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、大山倉吉軽石以外の噴火の中で最大規模となる大山生竹軽石の噴火の可能性を考慮し、その噴出規模を11km<sup>3</sup>として、米子の1981年～2009年の風データを用いて、移流拡散モデルを用いた降下火砕物のシミュレーションを実施した結果、風速等のばらつきも含めても最大層厚としては21.9cmであった。降下火砕物のシミュレーションの結果を第7.5.7図(1)、(2)に示す。

大山生竹軽石について、越畑地点では、大山生竹軽石を含む層は2層（2a層、2c層）に区分され、露頭西側では2a層と2c層の境界付近に中礫を主体とする礫層（2b層）が挟在するものの、降灰層厚の評価厚さは原子力規制委員会（2018）<sup>(58)</sup>の評価結果に基づき25cmとする。この越畑地点の評価層厚25cmと大山から越畑地点までの距離（191.0km）及び発電所までの距離（179.2km）の関係から、発電所地点における層厚を検討した結果、26.6cmとなる。

c. 恵比須峠福田テフラ（飛騨<sup>ひだ</sup>山脈）<sup>(71)</sup>

恵比須峠福田テフラは、飛騨山脈の中でもやや南方で穂高岳<sup>ほだかだけ</sup>～乗鞍岳に噴出源があると推定されている<sup>(36)</sup>。及川<sup>(2003)</sup><sup>(71)</sup>によると飛騨山脈での火成活動を3つのステージに分けている。

stage I（約 2.5Ma～約 1.5Ma）は、伸張ないし中間的な地殻応力場の火山活動で、カルデラ形成を伴う大規模火砕流の噴出等があり、この内噴出量が詳細に推定されているものとして、恵比須峠福田テフラがある。噴出年代と噴出量については、約 1.75Ma、250km<sup>3</sup>～350km<sup>3</sup>と推定されている。

stage II（約 1.5Ma～約 0.8Ma）は、火山活動が低調な時代である。

stage III（約 0.8Ma～約 0Ma）は、東西圧縮の地殻応力場での立山～御岳火山といった成層火山の形成で特徴づけられる時代である。この時代は、10km<sup>3</sup>程度かそれ以下の規模の活動が卓越し、stage I の活動に比べて噴出量が一桁以上小さい。

以上より、発電所運用期間に鮮新世から中期更新世以前に活動した恵比須峠福田テフラ規模の噴火の可能性は十分低く、降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

(2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討<sup>(38)</sup><sup>(72)</sup>～<sup>(76)</sup>

文献調査を行った結果、降灰層厚が比較的厚く、噴出源が同定できない降下火砕物として、NEXCO80 を抽出した。

敷地周辺の三方湖東岸で確認された層厚 20cm の NEXCO80 は、Upper と Lower の2つのユニットに区別されており、Upper と Lower を比較すると、Upper は重鉱物が少なく、岩片やその他混入物も含むなどの特徴から、再堆積を含んでいると考えられる。また、NEXCO ボーリングコアの調査位置は、三方断層帯の活動に伴うイベントにより、急激な湖水位の相対的上昇と湖岸線の前進、その後の湖域の埋積と扇状地の前進という過程で堆積したと推定されており、降下火砕物の層厚を評価するには堆積環境が複雑であると考えられ

る。

したがって、NEXCO ボーリングコアだけで評価するのではなく、周辺地域の調査結果と合わせて総合的に評価する必要があるため、周辺地域の調査結果についても検討した。

NEXCO80 は、主成分分析、屈折率等から、琵琶湖高島沖<sup>びわこたかしまおき</sup>ボーリングの BT37（降灰年代 12.7 万年前：長橋他(2004)<sup>(75)</sup>）、気山<sup>きやま</sup>露頭<sup>きやま</sup>の美浜テフラ等に対比される。これらの層厚を確認した結果、気山露頭で最大層厚 10cm 程度が確認されている。また、その他の地点でも複数確認されるが、いずれも 1cm 以下又は肉眼では判別できないものである。

また、NEXCO80 が確認された三方湖東岸の近傍に位置している水月湖で実施された SG06 ボーリングコアは、堆積物の保存状態がよいこと、過去 15 万年間程度の古環境情報を連続的に得られていると推定されていること、詳細に火山灰層厚の分析もされていることから、降下火砕物の層厚の評価に適していると考えられる。しかしながら、SG06 ボーリングコアにおいて NEXCO80 の対比まではなされていないが、NEXCO80 が約 12.7 万年前に降灰したと考えると、SG06 ボーリングコアの Ata（約 10 万年前）からコア底（約 15 万年前と推定）までの範囲内の 7 つの火山灰のうちのどれかに該当するが、いずれの火山灰の最大層厚も 2cm 以下である。

以上より、NEXCO80 については、三方湖東岸においては層厚 20cm であったが再堆積を含んでいると考えられること、またその他周辺調査を行った結果層厚 10cm を超えるものはなかったことから、NEXCO80 の降灰層厚は 10cm 以下と評価した。

#### 7.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果

降下火砕物の粒径については、若狭湾沿岸における津波堆積物調査<sup>(39)</sup>より、久々子湖<sup>くぐしこ</sup>、菅湖<sup>すがこ</sup>及び中山湿地<sup>なかやま</sup>で確認されている降下火砕物を顕微鏡写真で確認した結果、粒径は約 0.2mm 程度であった。

本調査の中山湿地で得られた始良 Tn テフラの粒度試験結果より、粒

径分布は1mm以下であった。粒度試験結果を第7.5.8図に示す。また、文献調査の結果、長橋他(2004)<sup>(75)</sup>では、琵琶湖湖底堆積物のうち高島沖コアを用いて各種の分析がなされており、敷地周辺で確認される主なテフラの最大粒径については、鬼界アカホヤテフラ(0.66mm)、鬱陵隠岐テフラ(0.27mm)、始良 Tn テフラ(0.95mm)、鬼界葛原テフラ(0.78mm)とされており、いずれの火山灰の最大粒径は1mm以下である。さらに、敷地における降下火砕物は地理的領域外(160km)からの降下火砕物が想定されるが、樽前山たるまえさんから156km離れた地点での粒径分布を参照すると、約0.2mmから約1mm程度である<sup>(77)</sup>。

降下火砕物の密度については、若狭湾沿岸における津波堆積物調査<sup>(39)</sup>より得られた菅湖で確認された鬼界アカホヤテフラ及び鬱陵隠岐テフラの火山灰の単位体積重量は、乾燥密度で約0.7g/cm<sup>3</sup>、湿潤密度で約1.3g/cm<sup>3</sup>程度であった。また、文献調査の結果、宇井(1997)<sup>(78)</sup>によると、「乾燥した火山灰は密度が0.4~0.7程度であるが、湿ると1.2を超えることがある。」とされている。

### 7.5.1.3 評価結果

文献調査、地質調査、降下火砕物シミュレーション結果及び越畑地点における大山生竹軽石の評価層厚と距離の関係をもとにした検討結果から、発電所運用期間における敷地の降下火砕物の最大層厚は27cmと設定した。また、降下火砕物の粒径及び密度については、文献及び地質調査結果を踏まえ、粒径は1mm以下、乾燥密度を0.7g/cm<sup>3</sup>、湿潤密度を1.5g/cm<sup>3</sup>と設定した。

以上を踏まえて、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響を確認することとする。

## 7.6 参考文献

- (1) 中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝弘・岸本清行編(2013)：日本の火山（第3版） 概要及び付表,200万分の1地質編集



図,no.11,産業技術総合研究所地質調査総合センター

- (2) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編(2012)：第四紀火山岩体・貫入岩体データベース,地質調査総合センター速報,no.60,産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (3) 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
- (4) 気象庁編(2013)：日本活火山総覧（第4版）
- (5) 木谷啓二・岩本志信(2004)：北条町島に分布する無斑晶溶岩のK-Ar年代,鳥取地学会誌,8,p.19－p.25
- (6) 石賀敏(2004)：北条町八幡山の地質,鳥取地学会誌,8,p.15－p.18
- (7) Uto ,K.(1989)：Neogene volcanism of Southwest Japan : Its time and space based on K-Ar dating. Unpub. Ph. D. thesis , The University of Tokyo , p.184
- (8) Kimura , J. , Kunikiyo , T. , Osaka , I. , Nagao , T. , Yamauchi , S. , Kakubuchi , S. , Okada , S. , Fujibayashi , N. , Okada , R. , Murakami , H. , Kusano , T. , Umeda , K. , Hayashi , S. , Ishimaru , T. , Ninomiya , A. and Tanase , A. (2003) : Late Cenozoic volcanic activity in the Chugoku area, southwest Japan arc during back-arc basin opening and reinitiation of subduction. *The Island Arc*, 12,p.22－p.45
- (9) 加々美寛雄・森口由美・長尾敬介・沢田順弘・永尾隆志(1996)：鳥取県倉吉市に分布する金雲母を含むアルカリ玄武岩の年代とSr・Nd同位体比,文部省科学研究費報告書（総合研究A）「西南日本の新生代火成活動とテクトニクス」, p. 67－p.71
- (10) Furuyama , K. , Nagao , K. , Mitsui , S.and Kasatani , K.(1993) : K-Ar ages of Late Neogene monogenetic volcanoes in the east San-in District , Southwest Japan. *Earth Science(Chikyu Kagaku)* , 47 , p.519－p.532
- (11) 先山徹・松田高明・森永速男・後藤篤・加藤茂弘(1995)：兵庫県北部の鮮新世～更新世火山岩類－K-Ar年代・古地磁気・主化学組成－,人と自然,兵庫県立人と自然の博物館,6,p.149－p.170

- (12) 古山勝彦・長尾敬介(2004)：照来コールドロンのK-Ar年代,火山,49,4,p.181-p.187
- (13) 古山勝彦(2000)：神鍋単成火山群－近畿地方の代表的な第四紀火山－,高橋正樹・小林哲夫編 フィールドガイド 日本の火山6中部・近畿・中国の火山,p.83-p.100
- (14) 棚瀬充史・及川輝樹・二ノ宮淳・林信太郎・梅田浩司(2007)：K-Ar年代測定に基づく両白山地の鮮新－更新世火山活動の時空分布,火山,52,p.39-p.61
- (15) 酒寄淳史・林信太郎・梅田浩司(2002)：石川県,戸室火山のK-Ar年代,日本火山学会講演予稿集
- (16) 清水智・山崎正男・板谷徹丸(1988)：両白-飛騨地域に分布する鮮新－更新世火山岩のK-Ar年代,蒜山研究所研究報告,14,p.1-p.36
- (17) 酒寄淳史・飯田雅裕・森田健一・山口達弘(1996)：天狗・大日ヶ岳火山の地質とK-Ar年代(演旨),三鉱学会講演要旨集,日本岩石鉱物鉱床学会,資源地質学会,1996,p.79
- (18) 東野外志男・長尾敬介・板谷徹丸・坂田章吉・山崎正男(1984)：白山火山及び大日ヶ岳火山のK-Ar年代,石川県白山自然保護センター研究報告,第10集,p.23-p.29
- (19) 中野俊・宇都浩三・内海茂(2000)：上野玄武岩類および地蔵峠火山岩類のK-Ar年代と化学組成の時間変化,火山 第2集,45,p.87-p.105
- (20) 山崎正男・中西信弘・松原幹夫(1968)：白山火山の形成史,火山 第2集,13,p.32-p.43
- (21) 長岡正利・清水智・山崎正男(1985a)：白山火山の地質と形成史,石川県白山自然保護センター研究報告,12,p.9-p.24
- (22) 酒寄淳史・東野外志男・梅田浩司・棚瀬充史・林信太郎(1999)：古白山火山の溶岩のK-Ar年代,石川県白山自然保護センター研究報告,26,p.7-p.11
- (23) 遠藤邦彦(1985)：白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程,白山高山帯自然史調査報告書,石川県白山自然保護センター,p.11-p.30
- (24) 長岡正利(1971)：白山火山の地質と形成史,火山 第2集,vol.16,p.53-

p.54

- (25) 長岡正利・岩田次男・東野外志男・山崎正男(1985b) : 加賀室火山—白山火山にさきだつ火山—,石川県白山自然保護センター研究報告,12,p.1—p.7
- (26) 酒寄淳史・小路香織・佐藤貴志(1997) : 古白山火山の溶岩流層序と岩石記載,金沢大学教育学部紀要(自然科学編),46,p.45—p.50
- (27) 守屋以智雄(2000) : 白山火山—過去の噴火を記録する湿原と火口群をめぐる,高橋正樹・小林哲夫編フィールドガイド 日本の火山6中部・近畿・中国の火山,p.65—p.82
- (28) 田島靖久・井上公夫・守屋以智雄・長井大輔(2005) : 白山火山の最近1万年間の噴火活動史,地球惑星科学関連学会合同大会予稿集,G017-P002
- (29) 高橋直季・根岸弘明・平松良浩(2004) : 白山火山周辺の三次元地震波速度構造,火山,49,p.355—p.365
- (30) 村山正郎・大沢穠(1961) : 5万分の1地質図幅「青谷・倉吉」および同説明書,地質調査所,p.71
- (31) Furuyama ,K.(1981) : Geology of the Oginosen Volcano Group, Southwest Japan. J. Geosci. Osaka City Univ.,24,p.39—p.74
- (32) 古山勝彦・長尾敬介・笠谷一弘・三井誠一郎(1993) : 山陰東部,神鍋火山群及び近傍の玄武岩質単成火山のK-Ar年代,地球科学,47,p.377—p.390
- (33) 川本竜彦(1990) : 神鍋単成火山群の地質,火山,35,p.41—p.56
- (34) 三村弘二(2001) : 福井県経ヶ岳火山南西麓の覆瓦構造をもつ塚原野岩屑なだれ堆積物と14C年代,地質調査研究報告,52,p.303—p.307
- (35) 吉澤康暢(2010) : 経ヶ岳火山の岩屑なだれ岩塊の分布,流下機構,14C年代,福井市自然史博物館研究報告,57,p.11—p.20
- (36) 町田洋・新井房夫(2011) : 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
- (37) Victoria C. Smith , Richard A.Staff , Simon P.E. Blockley , Christopher Bronk Ramsey , Takeshi Nakagawa , Darren F.Mark , Keiji Takemura , Toru Danhara , Suigetsu 2006 Project

- Members(2013) : Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive , Japan : chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian / west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka , Quaternary Science Reviews , 67 , p.121－p.137
- (38) 石村大輔・加藤茂弘・岡田篤正・竹村恵二(2010) : 三方湖東岸のボーリングコアに記録された三方断層帯の活動に伴う後期更新世の沈降イベント,地学雑誌,119,p.775－p.793
- (39) 関西電力（株）(2012) : 平成23年東北地方太平洋沖地震の知見等を踏まえた原子力施設への地震動及び津波の影響に関する安全性評価のうち完新世に関する津波堆積物調査の結果について
- (40) Shinji Nagaoka(1988) : The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around kagoshima bay , southern kyushu , japan , Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University , 23 , p.49－p.122
- (41) 兼岡一郎・井田喜明(1997) : 火山とマグマ,東京大学出版会
- (42) 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
- (43) 井口正人・太田雄策・中尾茂・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫(2011) : 桜島昭和火口噴火開始以降のGPS観測2010年～2011年,「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成22年度報告書
- (44) 小林哲夫・味喜大介・佐々木寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三(2013) : 桜島火山地質図（第2版）,産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (45) 津久井雅志(1984) : 大山火山の地質,地質学会誌,90,p.643－p.658
- (46) 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介(1985) : 蒜山火山軍・大山火山のK-Ar年代,地質学雑誌,91,p.279－p.288
- (47) 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

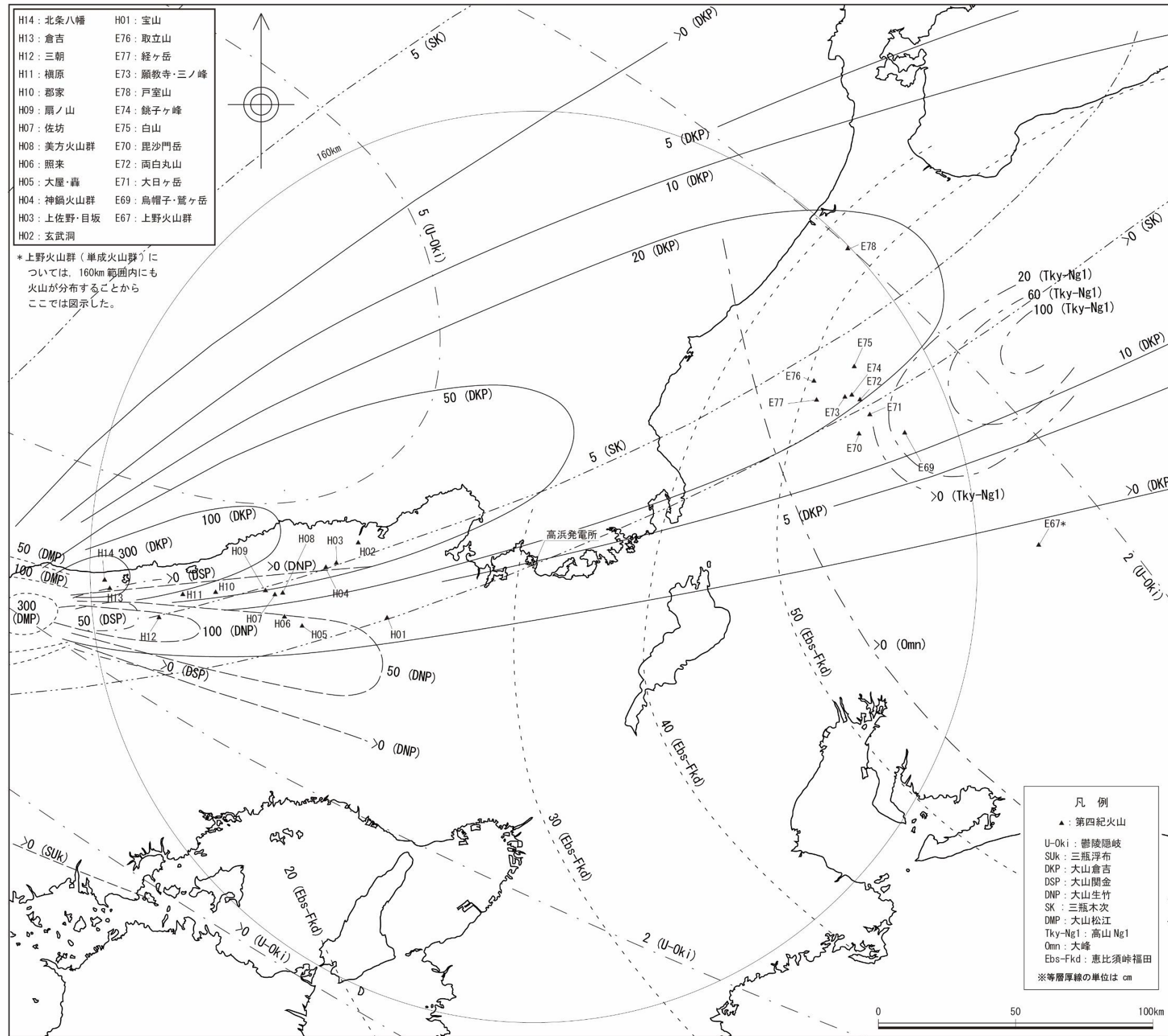
- (48) 気象庁  
([https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan\\_toha/katsukazan\\_toha.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html)) 確認日：2021年2月4日
- (49) 守屋以智雄(1983)：日本の火山地形,東京大学出版会,p.34
- (50) 米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高(2001)：日本の地形 I 総説,東京大学出版会,p.183－p.184
- (51) 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
- (52) 加藤茂弘・山下透・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
- (53) 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,p.81－p.90
- (54) 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
- (55) 産業技術総合研究所(2014)：日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図
- (56) 山元孝広(2017)：大山火山噴火履歴の再検討,地質調査研究報告,68,1,p.1－p.16
- (57) 岡田昭明・谷本慎一(1986)：大山下部火山灰から新たに発見された2枚の降下軽石層について
- (58) 原子力規制委員会(2018)：核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第67条第1項の規定に基づく報告の徴収について,平成30年12月12日
- (59) Legros, F.(2000)： Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. *Journal of volcanological and Geothermal Research*, 96, 25-32.
- (60) Hayakawa, Y.(1985)： Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 60, 507-592.

- (61) 原子力規制庁(2019) : 安全研究成果報告 火山影響評価に係る科学的知見の整備
- (62) 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
- (63) Yamamoto and Hoang(2019) : Geochemical variations of the Quaternary Daisen adakites, Southwest Japan, controlled by magma production rate. LITHOS 350-351 (2019) 105214
- (64) 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
- (65) 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
- (66) 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.
- (67) University of Wyoming  
(<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)
- (68) Michigan Technological University : Forecasting Tephra Dispersion Using TEPHRA2
- (69) University of South Florida(2011) : Tephra2 Users Manual Spring
- (70) 萬年一剛(2013) : 降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状－第四紀学での利用を視野に－,第四紀研究,52,p.173 – p.187
- (71) 及川輝樹(2003) : 飛驒山脈の隆起と火成活動の時空的関連,第四紀研究,42,p.141 – p.156
- (72) 日本原子力発電 (株) (2014) : 原子力規制委員会有識者会合による敦賀発電所敷地内破碎帯現地調査について (資料) ,2014年1月24日
- (73) 日本原子力発電 (株) (2014) : 敦賀発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合 第2回追加調査評価会合 (当社資料) ,2014年6月21日

- (74) 竹村恵二・北川浩之・林田明・安田喜憲(1994)：三方湖・水月湖・黒田低地の堆積物の層相と年代,地学雑誌,103,p.232－p.242
- (75) 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山高・井内美郎(2004)：近畿地方および八ヶ岳山麓における過去43万年間の広域テフラの層序と編年,第四紀研究,43,p.15－p.35
- (76) Takeshi Nakagawa , Katsuya Gotanda , Tsuyoshi Haraguchi , Toru Danhara , Hitoshi Yonenobu , Achim Brauer , Yusuke Yokoyama , Ryuji Tada , Keiji Takemura , Richard A.Staff , Rebecca Payne , Christopher Bronk Ramsey , Charlotte Bryant , Fiona Brock , Gordon Schlolaut , Michael Marshall , Pavel Tarasov , Henry Lamb , Suigetsu 2006 Project Members(2012)： SG06 a fully continuous and varved sediment core from Lake Suigetsu , Japan: stratigraphy and potential for improving the radiocarbon calibration model and understanding of late Quaternary climate changes , Quaternary Science Reviews , 36 , p.164－p.176
- (77) 鈴木建夫・勝井義雄・中村忠寿(1973)：樽前降下軽石堆積物Ta-b層の粒度組成,火山第2集,18,p.47－p.63
- (78) 宇井忠英(1997)：火山噴火と災害,東京大学出版会

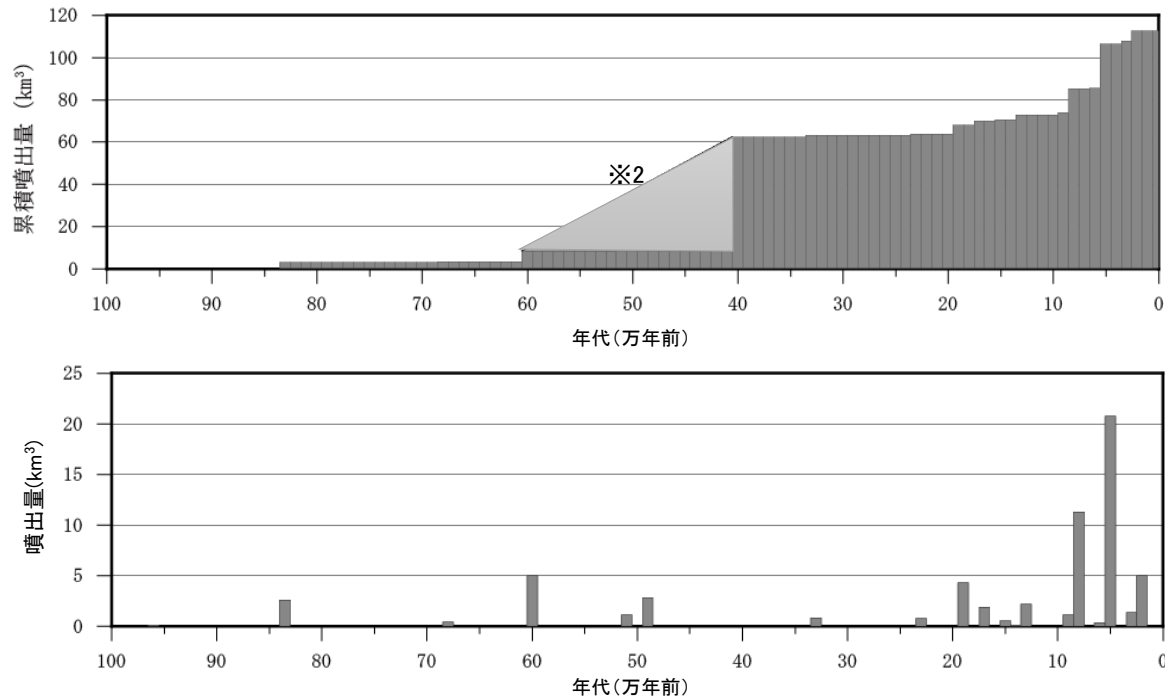






注) 第四紀火山の位置及び火山名称は『日本の火山(第3版)』(中野他編(2013))に基づく。貫入岩及び深成岩については図示していない。  
降下火山灰の名称及び等厚線は『新編 火山灰アトラス』(町田・新井(2011))に基づく。

第 7.5.2 図 敷地周辺の降下火砕物の分布 (中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)



噴出物	噴出年代 (万年)	噴出量 (km³)	引用
鏑拔山	96.0	0.10	(3)
下蒜山	83.5	2.60	(3)
飯戸山	68.0	0.40	(3)
二股山溶岩	60.0	5.00	(3)
溝口凝灰角礫岩	40.0-60.0	50.00	(3)
中蒜山溶岩	51.0	1.10	(3)
上蒜山溶岩	49.0	2.80	(3)
c p m	33.0	0.80	(51)
h p m 1	23.0	0.76	(51)
奥津軽石 (D O P)	19.0	4.29	(51)
種谷軽石 (H d P)	17.0	1.87	(51)
h p m 2	15.0	0.30	(51)
別所軽石 (D B P)	15.0	0.23	(51)
蒜山原軽石 (D H P)	14.0	0.14	(51)
松江軽石 (D M P)	13.0	2.19	(51)
名和火砕流	9.5	1.00	(3)
荒田軽石 1 (D A P 1)	9.3	0.14	(51)
荒田軽石 2 (D A P 2)	8.3	0.26	(51)
生竹軽石 (D N P)	8.0	11.00	※3
関金軽石 (D S P)	6.8	0.33	(51)
倉吉軽石 (D K P)	5.5	20.74	(51)
鴨ヶ丘火山灰 (K m A)	5.0	0.04	(51)
下のホーキ (s h) (D S s)	2.4	0.37	(51)
上のホーキ (U h) (D H g)	2.3	0.44	(51)
弥山軽石 (M s P) (D M s)	2.1	0.54	(51)
弥山-三結峰	2.0	5.00	(3)

※1) 須藤他(2007)<sup>(51)</sup>、第四紀カタログ編集委員会編(1999)<sup>(3)</sup>、津久井他(1985)<sup>(46)</sup>を参考に噴出年代及び噴出量を整理

※2) 津久井他(1985)<sup>(46)</sup>によると、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ことから、階段ダイアグラムではその期間の噴出物については点線で記載

※3) 町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>、岡田・谷本(1986)<sup>(57)</sup>及び原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>に示される降灰層厚の情報をもとに作成した等層厚線図(第7.5.4図)から算定。

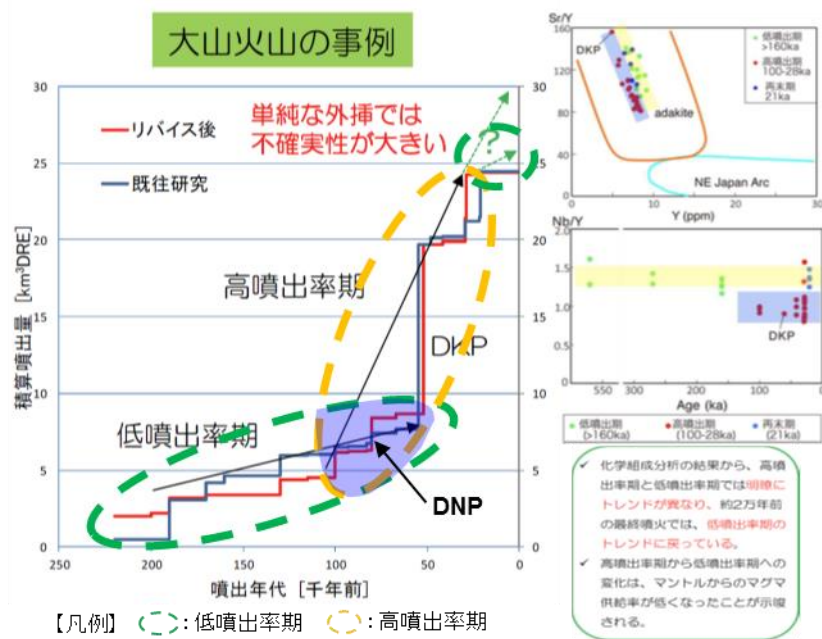
第 7.5.3 図 大山の噴火履歴※1



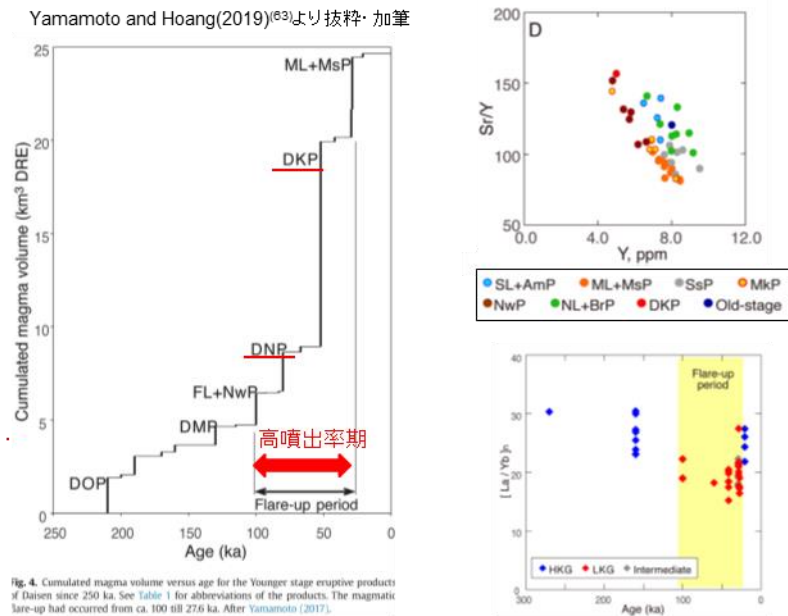
青文字は、原子力規制委員会(2018)<sup>(56)</sup>で示された地点を示す  
 赤文字は、岡田・谷本(1986)<sup>(57)</sup>に記載された地点を示す  
 [ ] は、参考扱いとした地点を示す  
 出典：地図データ@2018Google,ZENRINに加筆

第 7.5.4 図 大山生竹軽石の等層厚線図

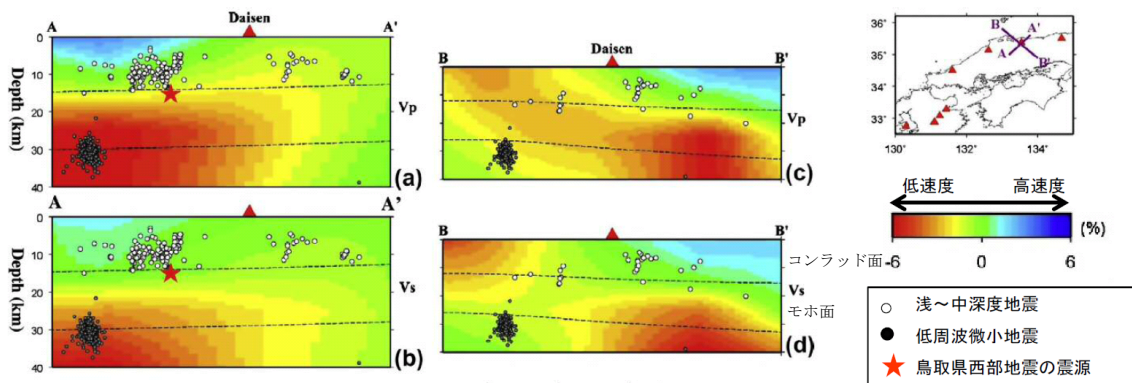
原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>より抜粋・加筆



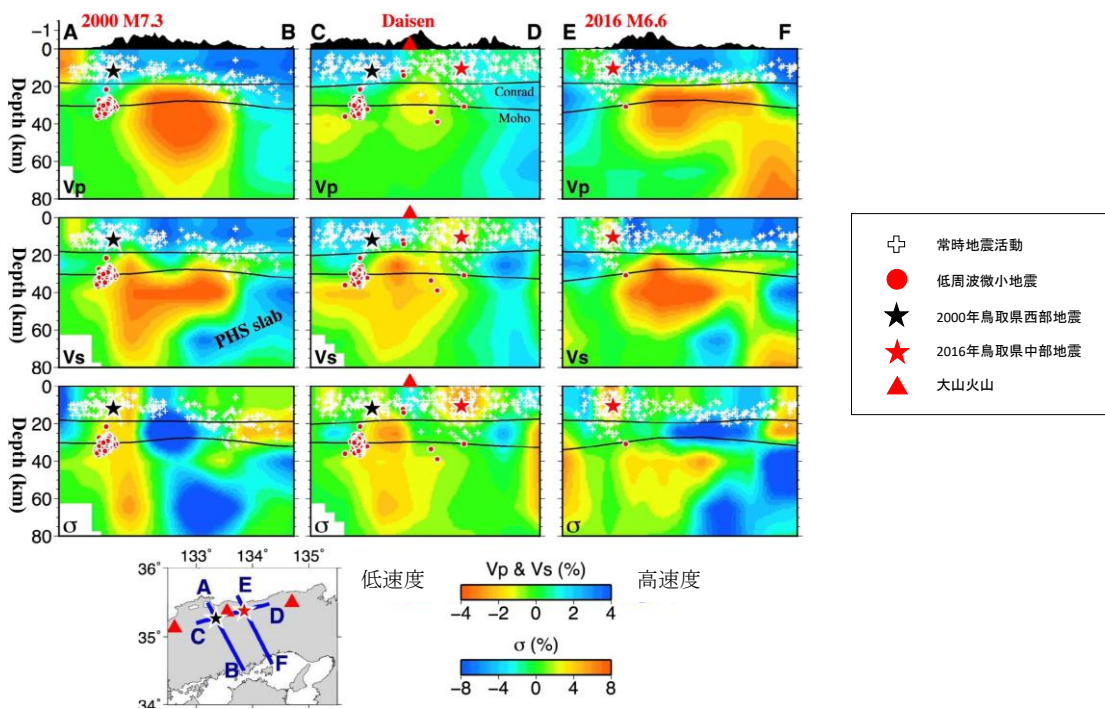
第 7.5.5 図(1) 原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>による大山の噴出率期の評価



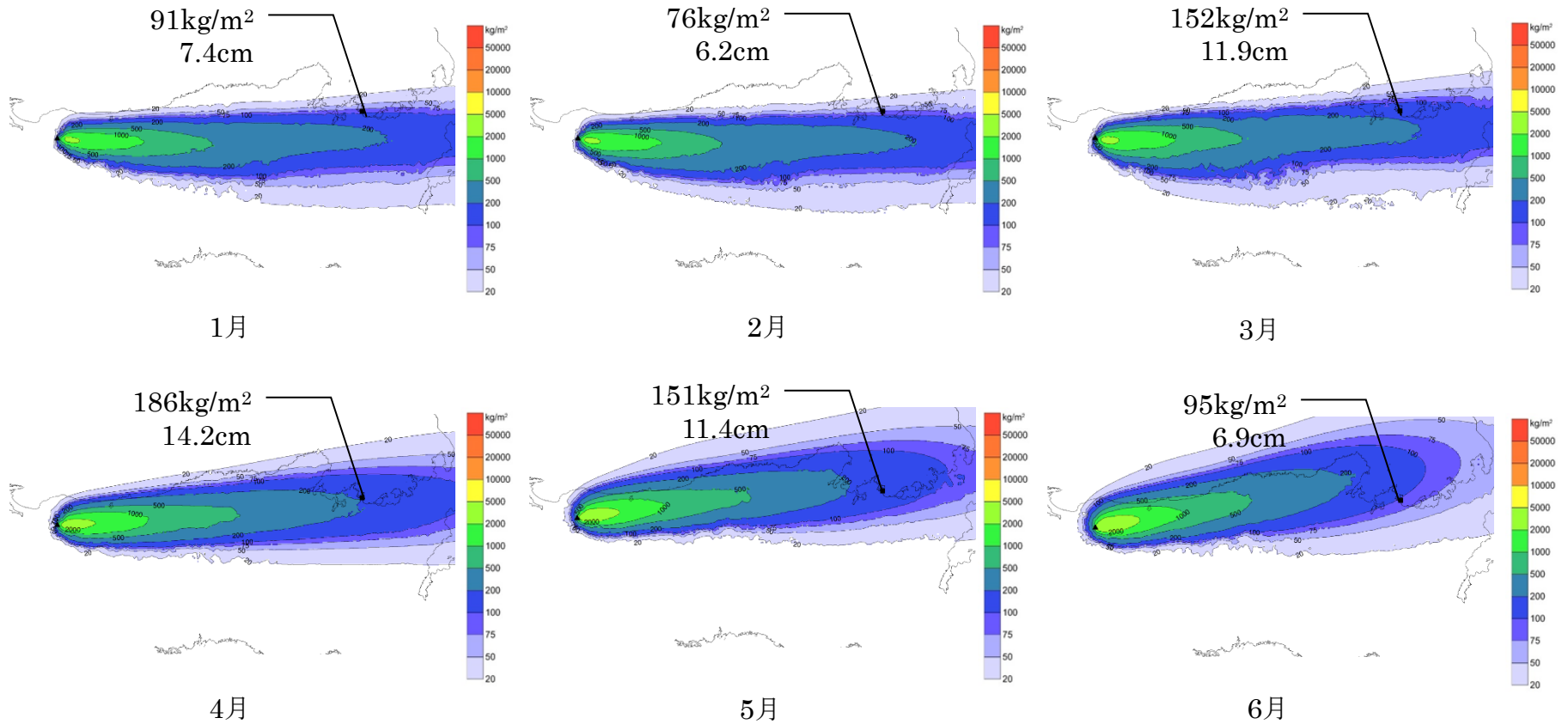
第 7.5.5 図(2) Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>による大山の噴出率期の評価



第 7.5.6 図(1) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>に加筆)

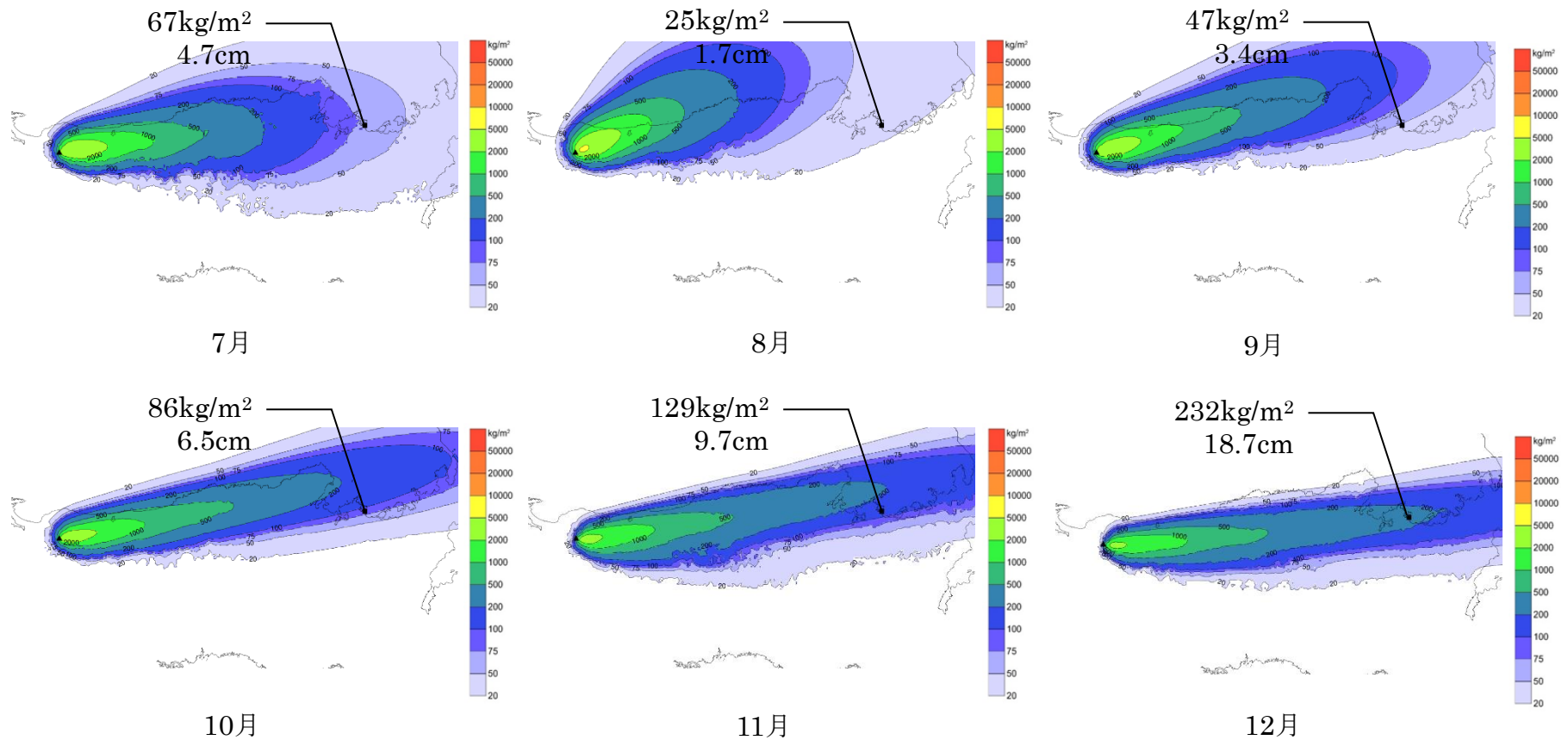


第 7.5.6 図(2) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>に加筆)



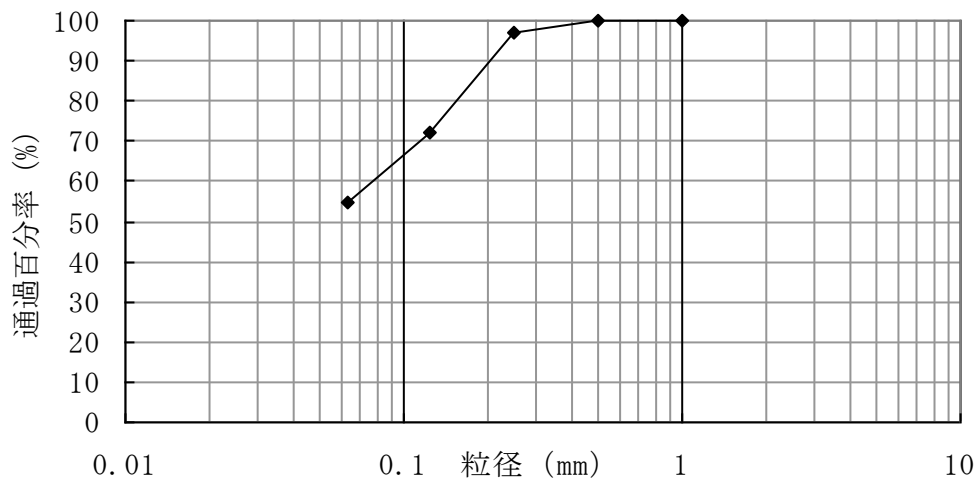
※アイソパックは降下火砕物堆積重量の分布図  
 上段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量  
 下段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量（堆積した粒径分布より等価密度を算出し、層厚を算出）

第 7.5.7 図(1) 大山の降下火砕物シミュレーション結果（基本ケース）



※アイソバックは降下火砕物堆積重量の分布図  
 上段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量  
 下段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量（堆積した粒径分布より等価密度を算出し、層厚を算出）

第 7.5.7 図(2) 大山の降下火砕物シミュレーション結果（基本ケース）



津波堆積物調査<sup>(39)</sup>で得られた始良 Tn テフラ（中山湿地）を対象に実施

第 7.5.8 図 粒度試験結果



頁	行	補 正 前	補 正 後
6(2)-7-1		(記載の変更)	別紙 6(2)-7-1 のとおり変更する。

(2号炉)

7. 火山のうち以下を変更又は追加する。

### 7.5 火山事象の影響評価

#### 7.5.1 降下火砕物

##### 7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果

1号炉の「7.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果」の変更と同じ。

##### (1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討

##### b. 大山倉吉軽石及び大山生竹軽石<sup>だいせんなまだけ</sup>（大山）

1号炉の「b. 大山倉吉軽石及び大山生竹軽石<sup>だいせんなまだけ</sup>（大山）」の変更と同じ。

##### c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup>（飛驒山脈）

1号炉の「c. 恵比須峠福田テフラ<sup>ひだ</sup>（飛驒山脈）」の変更と同じ。

##### (2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討

1号炉の「(2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討」の変更と同じ。

##### 7.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果

1号炉の「7.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果」の変更と同じ。

##### 7.5.1.3 評価結果

1号炉の「7.5.1.3 評価結果」の変更と同じ。

### 7.6 参考文献

1号炉の「7.6 参考文献」の変更と同じ。

頁	行	補 正 前	補 正 後
6(3)-8-1 ~ 6(3)-8-17		(記載の変更)	別紙 6(3)-8-1 のとおり変更する。

(3号炉及び4号炉)

## 8. 火山

### 8.5 火山事象の影響評価

#### 8.5.1 降下火砕物

##### 8.5.1.1 降灰層厚に関する文献調査及び地質調査結果

「原子力発電所に影響を及ぼし得る7火山」及び地理的領域外の火山について、文献調査及び地質調査結果より、敷地及びその周辺において降灰層厚が比較的厚い降下火砕物を抽出した。

文献調査を行った結果、噴出源を同定できる降下火砕物の分布を第8.5.1図及び第8.5.2図に示す<sup>(1)(36)</sup>。敷地付近への降下火砕物の分布としては、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラが層厚20cm程度、大山倉吉<sup>だいせんくらよし</sup>軽石が層厚10cm程度、恵比須<sup>えびす</sup>峠<sup>とうげ</sup>福田<sup>ふくだ</sup>テフラが層厚40cm程度、阿蘇<sup>あそ</sup>4テフラが層厚15cm以上とされている<sup>(36)</sup>。ただし、阿蘇4テフラについては、Smith et al. (2013)<sup>(37)</sup>によると、敷地<sup>すいげつこ</sup>周辺の水月湖で実施されたボーリング調査結果より層厚が約4cm程度である。一方、噴出源を同定できない降下火砕物として、三方<sup>みかたこ</sup>湖東岸においてNEXCO80が層厚20cmとされている<sup>(38)</sup>。文献調査結果より、「原子力発電所に影響を及ぼし得る7火山」の降下火砕物については、敷地及びその周辺においては確認できなかった。

地質調査を行った結果、敷地及びその周辺に分布する主な広域テフラとしては、鬼界<sup>きかい</sup>葛原<sup>とづらはら</sup>テフラ（約9.5万年前）、大山倉吉<sup>だいせんくらよし</sup>軽石（約5.5万年前）、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラ（約2.9万年前～約2.6万年前）、鬼界アカホヤテフラ（約7,300年前）などが確認されているが、降下火砕物として厚く堆積する箇所は確認されていない。また、若狭湾沿岸における津波堆積物調査<sup>(39)</sup>において、火山灰分析等を実施しており、その結果、鬼界アカホヤテフラ、鬱陵<sup>うつりょう</sup>隠岐<sup>おき</sup>テフラ（約1.07万年前）、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラなどが認められ、始良<sup>あいら</sup>Tnテフラの降灰層厚は10.5cmであるが、それ以外の降下火砕物の降灰層厚は10cm以下である。地質調査結果より、「原子力発電所に影響を及ぼし得る7火山」の降下火砕物については、敷地及びその周辺においては確認できなかった。

以上より、噴出源が同定できる降下火砕物については、文献調査及び地質調査に加え位置関係も含めて検討した結果、敷地及びその周辺において降灰層厚が比較的厚い、始良Tnテフラ、大山倉吉軽石及び恵比須峠福田テフラを対象に、当該火山の将来の噴火の可能性について噴火履歴及び地下構造から検討した。一方、噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚については、その堆積状況及び堆積環境より検討した。

(1) 噴出源が同定できる降下火砕物の降灰層厚に関する検討

b. 大山倉吉軽石及び大山生竹軽石<sup>だいせんなまだけ</sup>（大山）(3)(45)~(70)

大山倉吉軽石の噴出源は大山であり、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<sup>(45)</sup>。山元(2018)<sup>(47)</sup>によると約10万年前の名和噴火からマグマ噴出率が大きくなり、大山倉吉軽石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。また、気象庁<sup>(48)</sup>によると活火山には大山は含まれていない。第四紀火山の発達史的分類では、現在は第4期に整理されており、その第4期の噴出量は第1期~第3期に比べて少なく、数 $\text{km}^3$ とされている。

(49)(50)

大山の噴火履歴より、40万年前以降、大山の最も規模の大きな噴火は、大山倉吉軽石であったが、大山倉吉軽石噴火に至る活動間隔は、大山倉吉軽石噴火以降の経過時間に比べて十分長いことから、次の大山倉吉軽石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（約 $20\text{km}^3$ 以上）の噴火の可能性は十分低いと考えられる。一方、大山倉吉軽石以外の噴火については、大山倉吉軽石噴火以前又はそれ以降においても繰り返し生じている。大山の噴火履歴に基づく階段ダイヤグラムを第8.5.3図に示す。

この繰り返し生じた噴火のうち、原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>によると越畑地点において大山生竹軽石の降灰層厚の評価厚さを25cmとしている。この大山生竹軽石について、町田・新井

(2011)<sup>(36)</sup>、岡田・谷本(1986)<sup>(57)</sup>及び原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>に示される降灰層厚の情報をもとに等層厚線図を作成し、噴出量を Legros(2000)<sup>(59)</sup>及び Hayakawa(1985)<sup>(60)</sup>の手法で算定した結果、1.8～11.0km<sup>3</sup>となった。原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>によれば、大山生竹軽石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とを踏まえ、火山影響評価上、大山生竹軽石の噴出量は11.0km<sup>3</sup>とする。第8.5.4図に大山生竹軽石の等層厚線図を示す。

原子力規制庁(2019)<sup>(61)</sup>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、大山倉吉軽石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されている。また、原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>においては、大山倉吉軽石は高噴出率期に、大山生竹軽石は低噴出率期に発生したとし(第8.5.5図(1))、その研究を更に進めた原子力規制庁(2019)<sup>(61)</sup>においては高噴出率期に発生したとしている。

Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>によると、大山のアダカイトはK<sub>2</sub>O量の高いグループと低いグループに分類できるとし、低いグループのアダカイトは約10万年前から約2万年前の高噴出率期に発生し、高いグループのアダカイトはその高噴出率期の前後に発生したとしている。また、大山倉吉軽石と大山生竹軽石は低いグループに属するとしている(第8.5.5図(2))。

これらのことから、巨大噴火並みに大きい大山倉吉軽石規模の噴火は、高噴出率期でのみ発生すると考えられ、低噴出率期に戻るとされる現在において、発電所運用期間中における大山倉吉軽石規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。

また、大山生竹軽石について、火山影響評価上、低噴出率期に発生した噴火と見做して火山影響評価の対象として考慮するものとし、高噴出率期に発生した大山倉吉軽石と低噴出率期に発生した大山生

竹軽石は一連の巨大噴火では無いと評価する。

兼岡・井田（1997）<sup>(41)</sup>および東宮（1997）<sup>(42)</sup>から、マグマの深さと組成との関係を検討した結果、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。大山の地下構造については、Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>および大見(2002)<sup>(65)</sup>によると、大山の地下深部に広がる低速度層と、大山の西で生じている低周波地震の存在から、地下深部にマグマ溜まりが存在する可能性が示唆されるものの、仮にマグマ溜まりだとしても、これらの低速度層は 20km 以深に位置していることが示される（第 8.5.6 図(1)）。この研究をさらに進めた Zhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>によると、大山の地下深部の低速度層の存在が示されるが、その深度は Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>と同程度であり、大山の地下深部に広がる低速度層の深度に変化がないことが示される（第 8.5.6 図(2)）。

以上より、大山については、火山発達史、噴火履歴の検討結果、噴出率期および地下構造の評価結果から、発電所運用期間中における大山倉吉軽石規模相当の噴火の可能性は十分低いと評価する。

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、大山倉吉軽石以外の噴火の中で最大規模となる大山生竹軽石の噴火の可能性を考慮し、その噴出規模を 11km<sup>3</sup>として、米子の 1981 年～2009 年の風データを用いて、移流拡散モデルを用いた降下火砕物のシミュレーションを実施した結果、風速等のばらつきも含めても最大層厚としては 21.9cm であった。降下火砕物のシミュレーションの結果を第 8.5.7 図(1)、(2)に示す。

大山生竹軽石について、越畑地点では、大山生竹軽石を含む層は 2 層（2a 層，2c 層）に区分され、露頭西側では 2a 層と 2c 層の境界付近に中礫を主体とする礫層（2b 層）が挟在するものの、降灰層厚の評価厚さは原子力規制委員会（2018）<sup>(58)</sup>の評価結果に基づき 25cm とする。この越畑地点の評価層厚 25cm と大山から越畑地点までの距離（191.0km）及び発電所までの距離（179.2km）の関係から、発電所地点における層厚を検討した結果、26.6cm となる。

c. 恵比須峠福田テフラ（飛騨<sup>ひだ</sup>山脈）<sup>(71)</sup>

恵比須峠福田テフラは、飛騨山脈の中でもやや南方で穂高岳<sup>ほだかだけ</sup>～乗鞍岳に噴出源があると推定されている<sup>(36)</sup>。及川<sup>(2003)</sup><sup>(71)</sup>によると飛騨山脈での火成活動を3つのステージに分けている。

stage I（約 2.5Ma～約 1.5Ma）は、伸張ないし中間的な地殻応力場の火山活動で、カルデラ形成を伴う大規模火砕流の噴出等があり、この内噴出量が詳細に推定されているものとして、恵比須峠福田テフラがある。噴出年代と噴出量については、約 1.75Ma、250km<sup>3</sup>～350km<sup>3</sup>と推定されている。

stage II（約 1.5Ma～約 0.8Ma）は、火山活動が低調な時代である。

stage III（約 0.8Ma～約 0Ma）は、東西圧縮の地殻応力場での立山～御岳火山といった成層火山の形成で特徴づけられる時代である。この時代は、10km<sup>3</sup>程度かそれ以下の規模の活動が卓越し、stage I の活動に比べて噴出量が一桁以上小さい。

以上より、発電所運用期間に鮮新世から中期更新世以前に活動した恵比須峠福田テフラ規模の噴火の可能性は十分低く、降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

(2) 噴出源が同定できない降下火砕物の降灰層厚に関する検討<sup>(38)</sup><sup>(72)</sup>～<sup>(76)</sup>

文献調査を行った結果、降灰層厚が比較的厚く、噴出源が同定できない降下火砕物として、NEXCO80 を抽出した。

敷地周辺の三方湖東岸で確認された層厚 20cm の NEXCO80 は、Upper と Lower の2つのユニットに区別されており、Upper と Lower を比較すると、Upper は重鉱物が少なく、岩片やその他混入物も含むなどの特徴から、再堆積を含んでいると考えられる。また、NEXCO ボーリングコアの調査位置は、三方断層帯の活動に伴うイベントにより、急激な湖水位の相対的上昇と湖岸線の前進、その後の湖域の埋積と扇状地の前進という過程で堆積したと推定されており、降下火砕物の層厚を評価するには堆積環境が複雑であると考えられ



る。

したがって、NEXCO ボーリングコアだけで評価するのではなく、周辺地域の調査結果と合わせて総合的に評価する必要があるため、周辺地域の調査結果についても検討した。

NEXCO80 は、主成分分析、屈折率等から、琵琶湖高島沖<sup>びわこたかしまおき</sup>ボーリングの BT37（降灰年代 12.7 万年前：長橋他(2004)<sup>(75)</sup>）、気山<sup>きやま</sup>露頭<sup>きやま</sup>の美浜テフラ等に対比される。これらの層厚を確認した結果、気山露頭で最大層厚 10cm 程度が確認されている。また、その他の地点でも複数確認されるが、いずれも 1cm 以下又は肉眼では判別できないものである。

また、NEXCO80 が確認された三方湖東岸の近傍に位置している水月湖で実施された SG06 ボーリングコアは、堆積物の保存状態がよいこと、過去 15 万年間程度の古環境情報を連続的に得られていると推定されていること、詳細に火山灰層厚の分析もされていることから、降下火砕物の層厚の評価に適していると考えられる。しかしながら、SG06 ボーリングコアにおいて NEXCO80 の対比まではなされていないが、NEXCO80 が約 12.7 万年前に降灰したと考えると、SG06 ボーリングコアの Ata（約 10 万年前）からコア底（約 15 万年前と推定）までの範囲内の 7 つの火山灰のうちのどれかに該当するが、いずれの火山灰の最大層厚も 2cm 以下である。

以上より、NEXCO80 については、三方湖東岸においては層厚 20cm であったが再堆積を含んでいると考えられること、またその他周辺調査を行った結果層厚 10cm を超えるものはなかったことから、NEXCO80 の降灰層厚は 10cm 以下と評価した。

#### 8.5.1.2 粒径及び密度に関する文献及び地質調査結果

降下火砕物の粒径については、若狭湾沿岸における津波堆積物調査<sup>(39)</sup>より、久々子湖<sup>くぐしこ</sup>、菅湖<sup>すがこ</sup>及び中山湿地<sup>なかやま</sup>で確認されている降下火砕物を顕微鏡写真で確認した結果、粒径は約 0.2mm 程度であった。

本調査の中山湿地で得られた始良 Tn テフラの粒度試験結果より、粒

径分布は1mm以下であった。粒度試験結果を第8.5.8図に示す。また、文献調査の結果、長橋他(2004)<sup>(75)</sup>では、琵琶湖湖底堆積物のうち高島沖コアを用いて各種の分析がなされており、敷地周辺で確認される主なテフラの最大粒径については、鬼界アカホヤテフラ(0.66mm)、鬱陵隠岐テフラ(0.27mm)、始良 Tn テフラ(0.95mm)、鬼界葛原テフラ(0.78mm)とされており、いずれの火山灰の最大粒径は1mm以下である。さらに、敷地における降下火砕物は地理的領域外(160km)からの降下火砕物が想定されるが、樽前山たるまえさんから156km離れた地点での粒径分布を参照すると、約0.2mmから約1mm程度である<sup>(77)</sup>。

降下火砕物の密度については、若狭湾沿岸における津波堆積物調査<sup>(39)</sup>より得られた菅湖で確認された鬼界アカホヤテフラ及び鬱陵隠岐テフラの火山灰の単位体積重量は、乾燥密度で約0.7g/cm<sup>3</sup>、湿潤密度で約1.3g/cm<sup>3</sup>程度であった。また、文献調査の結果、宇井(1997)<sup>(78)</sup>によると、「乾燥した火山灰は密度が0.4~0.7程度であるが、湿ると1.2を超えることがある。」とされている。

### 8.5.1.3 評価結果

文献調査、地質調査、降下火砕物シミュレーション結果及び越畑地点における大山生竹軽石の評価層厚と距離の関係をもとにした検討結果から、発電所運用期間における敷地の降下火砕物の最大層厚は27cmと設定した。また、降下火砕物の粒径及び密度については、文献及び地質調査結果を踏まえ、粒径は1mm以下、乾燥密度を0.7g/cm<sup>3</sup>、湿潤密度を1.5g/cm<sup>3</sup>と設定した。

以上を踏まえて、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響を確認することとする。

## 8.6 参考文献

- (1) 中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝弘・岸本清行編(2013)：日本の火山（第3版） 概要及び付表,200万分の1地質編集

図,no.11,産業技術総合研究所地質調査総合センター

- (2) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編(2012)：第四紀火山岩体・貫入岩体データベース,地質調査総合センター速報,no.60,産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (3) 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
- (4) 気象庁編(2013)：日本活火山総覧（第4版）
- (5) 木谷啓二・岩本志信(2004)：北条町島に分布する無斑晶溶岩のK-Ar年代,鳥取地学会誌,8,p.19－p.25
- (6) 石賀敏(2004)：北条町八幡山の地質,鳥取地学会誌,8,p.15－p.18
- (7) Uto ,K.(1989)：Neogene volcanism of Southwest Japan : Its time and space based on K-Ar dating. Unpub. Ph. D. thesis , The University of Tokyo , p.184
- (8) Kimura , J. , Kunikiyo , T. , Osaka , I. , Nagao , T. , Yamauchi , S. , Kakubuchi , S. , Okada , S. , Fujibayashi , N. , Okada , R. , Murakami , H. , Kusano , T. , Umeda , K. , Hayashi , S. , Ishimaru , T. , Ninomiya , A. and Tanase , A. (2003) : Late Cenozoic volcanic activity in the Chugoku area, southwest Japan arc during back-arc basin opening and reinitiation of subduction. *The Island Arc*, 12,p.22－p.45
- (9) 加々美寛雄・森口由美・長尾敬介・沢田順弘・永尾隆志(1996)：鳥取県倉吉市に分布する金雲母を含むアルカリ玄武岩の年代とSr・Nd同位体比,文部省科学研究費報告書（総合研究A）「西南日本の新生代火成活動とテクトニクス」, p. 67－p.71
- (10) Furuyama , K. , Nagao , K. , Mitsui , S.and Kasatani , K.(1993) : K-Ar ages of Late Neogene monogenetic volcanoes in the east San-in District , Southwest Japan. *Earth Science(Chikyu Kagaku)* , 47 , p.519－p.532
- (11) 先山徹・松田高明・森永速男・後藤篤・加藤茂弘(1995)：兵庫県北部の鮮新世～更新世火山岩類－K-Ar年代・古地磁気・主化学組成－,人と自然,兵庫県立人と自然の博物館,6,p.149－p.170

- (12) 古山勝彦・長尾敬介(2004)：照来コールドロンのK-Ar年代,火山,49,4,p.181-p.187
- (13) 古山勝彦(2000)：神鍋単成火山群－近畿地方の代表的な第四紀火山－,高橋正樹・小林哲夫編 フィールドガイド 日本の火山6中部・近畿・中国の火山,p.83-p.100
- (14) 棚瀬充史・及川輝樹・二ノ宮淳・林信太郎・梅田浩司(2007)：K-Ar年代測定に基づく両白山地の鮮新－更新世火山活動の時空分布,火山,52,p.39-p.61
- (15) 酒寄淳史・林信太郎・梅田浩司(2002)：石川県,戸室火山のK-Ar年代,日本火山学会講演予稿集
- (16) 清水智・山崎正男・板谷徹丸(1988)：両白-飛騨地域に分布する鮮新－更新世火山岩のK-Ar年代,蒜山研究所研究報告,14,p.1-p.36
- (17) 酒寄淳史・飯田雅裕・森田健一・山口達弘(1996)：天狗・大日ヶ岳火山の地質とK-Ar年代(演旨),三鉱学会講演要旨集,日本岩石鉱物鉱床学会,資源地質学会,1996,p.79
- (18) 東野外志男・長尾敬介・板谷徹丸・坂田章吉・山崎正男(1984)：白山火山及び大日ヶ岳火山のK-Ar年代,石川県白山自然保護センター研究報告,第10集,p.23-p.29
- (19) 中野俊・宇都浩三・内海茂(2000)：上野玄武岩類および地蔵峠火山岩類のK-Ar年代と化学組成の時間変化,火山 第2集,45,p.87-p.105
- (20) 山崎正男・中西信弘・松原幹夫(1968)：白山火山の形成史,火山 第2集,13,p.32-p.43
- (21) 長岡正利・清水智・山崎正男(1985a)：白山火山の地質と形成史,石川県白山自然保護センター研究報告,12,p.9-p.24
- (22) 酒寄淳史・東野外志男・梅田浩司・棚瀬充史・林信太郎(1999)：古白山火山の溶岩のK-Ar年代,石川県白山自然保護センター研究報告,26,p.7-p.11
- (23) 遠藤邦彦(1985)：白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程,白山高山帯自然史調査報告書,石川県白山自然保護センター,p.11-p.30
- (24) 長岡正利(1971)：白山火山の地質と形成史,火山 第2集,vol.16,p.53-

p.54

- (25) 長岡正利・岩田次男・東野外志男・山崎正男(1985b) : 加賀室火山—白山火山にさきだつ火山—,石川県白山自然保護センター研究報告,12,p.1—p.7
- (26) 酒寄淳史・小路香織・佐藤貴志(1997) : 古白山火山の溶岩流層序と岩石記載,金沢大学教育学部紀要(自然科学編),46,p.45—p.50
- (27) 守屋以智雄(2000) : 白山火山—過去の噴火を記録する湿原と火口群をめぐる,高橋正樹・小林哲夫編フィールドガイド 日本の火山6中部・近畿・中国の火山,p.65—p.82
- (28) 田島靖久・井上公夫・守屋以智雄・長井大輔(2005) : 白山火山の最近1万年間の噴火活動史,地球惑星科学関連学会合同大会予稿集,G017-P002
- (29) 高橋直季・根岸弘明・平松良浩(2004) : 白山火山周辺の三次元地震波速度構造,火山,49,p.355—p.365
- (30) 村山正郎・大沢穠(1961) : 5万分の1地質図幅「青谷・倉吉」および同説明書,地質調査所,p.71
- (31) Furuyama ,K.(1981) : Geology of the Oginosen Volcano Group, Southwest Japan. J. Geosci. Osaka City Univ.,24,p.39—p.74
- (32) 古山勝彦・長尾敬介・笠谷一弘・三井誠一郎(1993) : 山陰東部,神鍋火山群及び近傍の玄武岩質単成火山のK-Ar年代,地球科学,47,p.377—p.390
- (33) 川本竜彦(1990) : 神鍋単成火山群の地質,火山,35,p.41—p.56
- (34) 三村弘二(2001) : 福井県経ヶ岳火山南西麓の覆瓦構造をもつ塚原野岩屑なだれ堆積物と14C年代,地質調査研究報告,52,p.303—p.307
- (35) 吉澤康暢(2010) : 経ヶ岳火山の岩屑なだれ岩塊の分布,流下機構,14C年代,福井市自然史博物館研究報告,57,p.11—p.20
- (36) 町田洋・新井房夫(2011) : 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
- (37) Victoria C. Smith , Richard A.Staff , Simon P.E. Blockley , Christopher Bronk Ramsey , Takeshi Nakagawa , Darren F.Mark , Keiji Takemura , Toru Danhara , Suigetsu 2006 Project

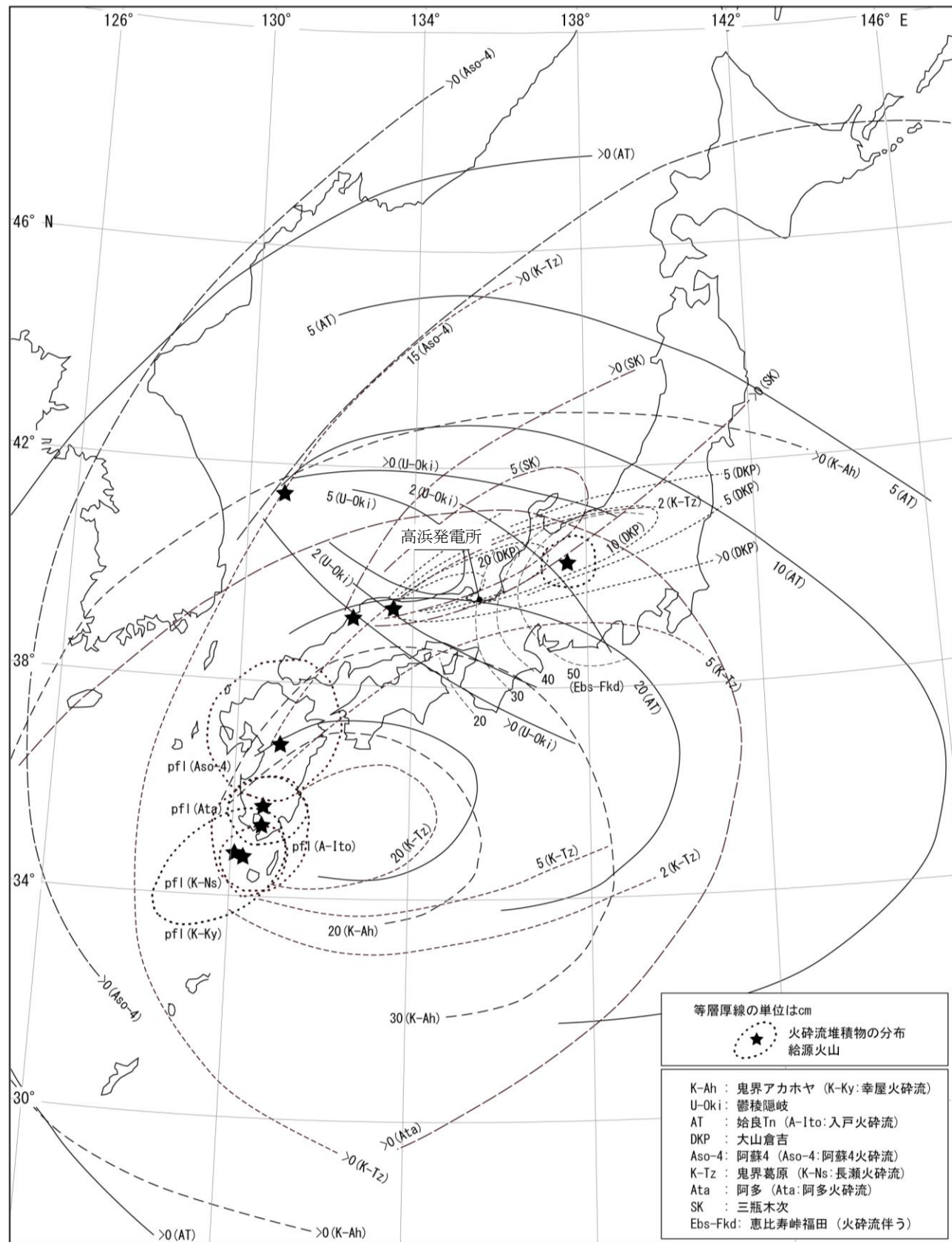
- Members(2013) : Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive , Japan : chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian / west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka , Quaternary Science Reviews , 67 , p.121－p.137
- (38) 石村大輔・加藤茂弘・岡田篤正・竹村恵二(2010) : 三方湖東岸のボーリングコアに記録された三方断層帯の活動に伴う後期更新世の沈降イベント,地学雑誌,119,p.775－p.793
- (39) 関西電力(株)(2012) : 平成23年東北地方太平洋沖地震の知見等を踏まえた原子力施設への地震動及び津波の影響に関する安全性評価のうち完新世に関する津波堆積物調査の結果について
- (40) Shinji Nagaoka(1988) : The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around kagoshima bay , southern kyushu , japan , Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University , 23 , p.49－p.122
- (41) 兼岡一郎・井田喜明(1997) : 火山とマグマ,東京大学出版会
- (42) 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
- (43) 井口正人・太田雄策・中尾茂・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫(2011) : 桜島昭和火口噴火開始以降のGPS観測2010年～2011年,「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成22年度報告書
- (44) 小林哲夫・味喜大介・佐々木寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三(2013) : 桜島火山地質図(第2版),産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (45) 津久井雅志(1984) : 大山火山の地質,地質学会誌,90,p.643－p.658
- (46) 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介(1985) : 蒜山火山軍・大山火山のK-Ar年代,地質学雑誌,91,p.279－p.288
- (47) 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

- (48) 気象庁  
([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)) 確認日：2021年2月4日
- (49) 守屋以智雄(1983)：日本の火山地形,東京大学出版会,p.34
- (50) 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
- (51) 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
- (52) 加藤茂弘・山下透・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
- (53) 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,p.81－p.90
- (54) 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
- (55) 産業技術総合研究所(2014)：日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図
- (56) 山元孝広(2017)：大山火山噴火履歴の再検討,地質調査研究報告,68,1,p.1－p.16
- (57) 岡田昭明・谷本慎一(1986)：大山下部火山灰から新たに発見された2枚の降下軽石層について
- (58) 原子力規制委員会(2018)：核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第67条第1項の規定に基づく報告の徴収について,平成30年12月12日
- (59) Legros, F.(2000)： Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. *Journal of volcanological and Geothermal Research*, 96, 25-32.
- (60) Hayakawa, Y.(1985)： Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 60, 507-592.

- (61) 原子力規制庁(2019) : 安全研究成果報告 火山影響評価に係る科学的知見の整備
- (62) 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
- (63) Yamamoto and Hoang(2019) : Geochemical variations of the Quaternary Daisen adakites, Southwest Japan, controlled by magma production rate. LITHOS 350-351 (2019) 105214
- (64) 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
- (65) 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
- (66) 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.
- (67) University of Wyoming  
(<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)
- (68) Michigan Technological University : Forecasting Tephra Dispersion Using TEPHRA2
- (69) University of South Florida(2011) : Tephra2 Users Manual Spring
- (70) 萬年一剛(2013) : 降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状－第四紀学での利用を視野に－,第四紀研究,52,p.173 – p.187
- (71) 及川輝樹(2003) : 飛驒山脈の隆起と火成活動の時空的関連,第四紀研究,42,p.141 – p.156
- (72) 日本原子力発電 (株) (2014) : 原子力規制委員会有識者会合による敦賀発電所敷地内破碎帯現地調査について (資料) ,2014年1月24日
- (73) 日本原子力発電 (株) (2014) : 敦賀発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合 第2回追加調査評価会合 (当社資料) ,2014年6月21日

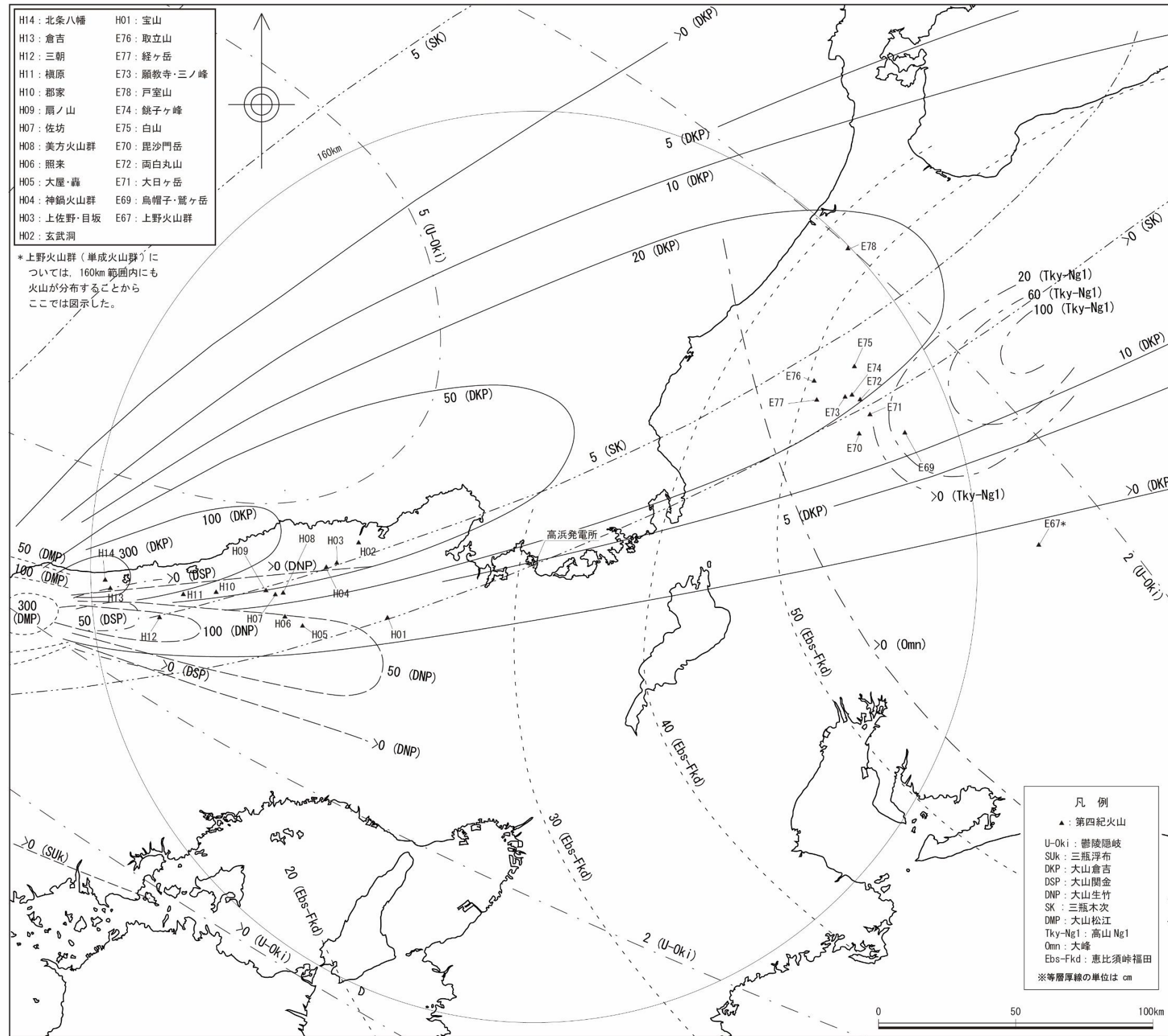


- (74) 竹村恵二・北川浩之・林田明・安田喜憲(1994)：三方湖・水月湖・黒田低地の堆積物の層相と年代,地学雑誌,103,p.232－p.242
- (75) 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山高・井内美郎(2004)：近畿地方および八ヶ岳山麓における過去43万年間の広域テフラの層序と編年,第四紀研究,43,p.15－p.35
- (76) Takeshi Nakagawa , Katsuya Gotanda , Tsuyoshi Haraguchi , Toru Danhara , Hitoshi Yonenobu , Achim Brauer , Yusuke Yokoyama , Ryuji Tada , Keiji Takemura , Richard A.Staff , Rebecca Payne , Christopher Bronk Ramsey , Charlotte Bryant , Fiona Brock , Gordon Schlolaut , Michael Marshall , Pavel Tarasov , Henry Lamb , Suigetsu 2006 Project Members(2012)： SG06 a fully continuous and varved sediment core from Lake Suigetsu , Japan: stratigraphy and potential for improving the radiocarbon calibration model and understanding of late Quaternary climate changes , Quaternary Science Reviews , 36 , p.164－p.176
- (77) 鈴木建夫・勝井義雄・中村忠寿(1973)：樽前降下軽石堆積物Ta-b層の粒度組成,火山第2集,18,p.47－p.63
- (78) 宇井忠英(1997)：火山噴火と災害,東京大学出版会

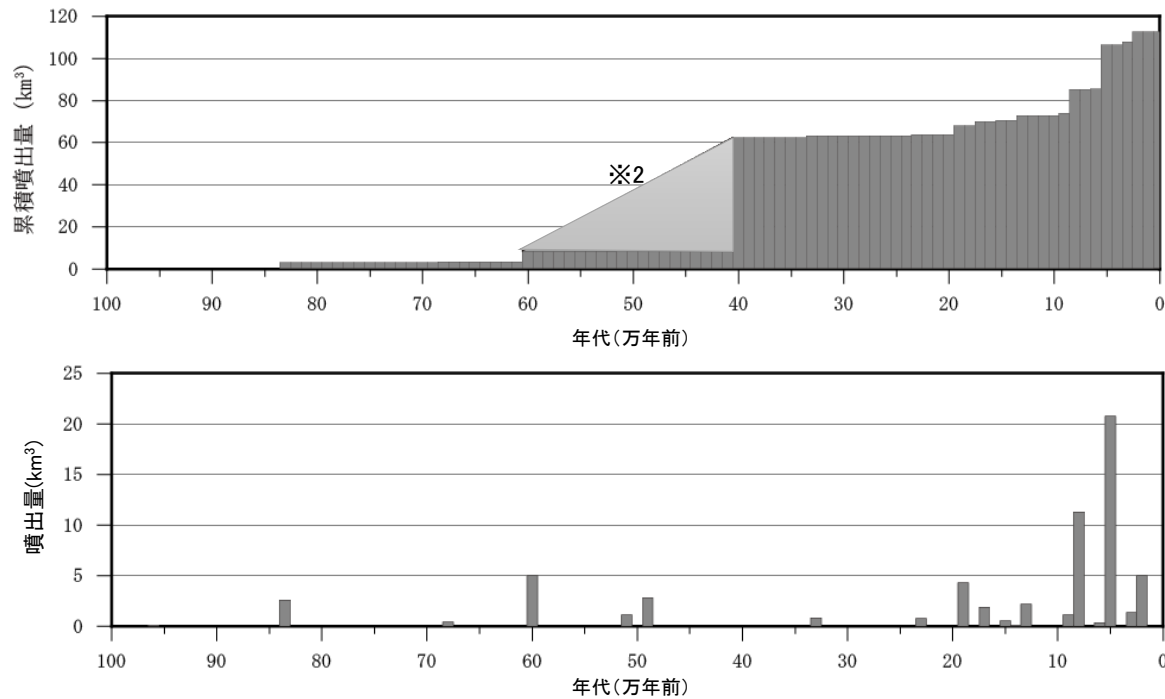


『新編 火山灰アトラス』(町田・新井(2011))に基づき作成した

第 8.5.1 図 敷地周辺に堆積する降下火砕物の給源火山とその分布 (中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成)



第 8.5.2 図 敷地周辺の降下火砕物の分布（中野他編(2013)<sup>(1)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>に基づき作成）



噴出物	噴出年代(万年)	噴出量(km³)	引用
鏑拔山	96.0	0.10	(3)
下蒜山	83.5	2.60	(3)
飯戸山	68.0	0.40	(3)
二股山溶岩	60.0	5.00	(3)
溝口凝灰角礫岩	40.0-60.0	50.00	(3)
中蒜山溶岩	51.0	1.10	(3)
上蒜山溶岩	49.0	2.80	(3)
c p m	33.0	0.80	(51)
h p m 1	23.0	0.76	(51)
奥津軽石 (D O P)	19.0	4.29	(51)
種谷軽石 (H d P)	17.0	1.87	(51)
h p m 2	15.0	0.30	(51)
別所軽石 (D B P)	15.0	0.23	(51)
蒜山原軽石 (D H P)	14.0	0.14	(51)
松江軽石 (D M P)	13.0	2.19	(51)
名和火砕流	9.5	1.00	(3)
荒田軽石 1 (D A P 1)	9.3	0.14	(51)
荒田軽石 2 (D A P 2)	8.3	0.26	(51)
生竹軽石 (D N P)	8.0	11.00	※3
関金軽石 (D S P)	6.8	0.33	(51)
倉吉軽石 (D K P)	5.5	20.74	(51)
鴨ヶ丘火山灰 (K m A)	5.0	0.04	(51)
下のホーキ (s h) (D S s)	2.4	0.37	(51)
上のホーキ (U h) (D H g)	2.3	0.44	(51)
弥山軽石 (M s P) (D M s)	2.1	0.54	(51)
弥山一三結峰	2.0	5.00	(3)

※1) 須藤他(2007)<sup>(51)</sup>、第四紀カタログ編集委員会編(1999)<sup>(3)</sup>、津久井他(1985)<sup>(46)</sup>を参考に噴出年代及び噴出量を整理  
 ※2) 津久井他(1985)<sup>(46)</sup>によると、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ことから、階段ダイアグラムではその期間の噴出物については点線で記載  
 ※3) 町田・新井(2011)<sup>(36)</sup>、岡田・谷本(1986)<sup>(57)</sup>及び原子力規制委員会(2018)<sup>(58)</sup>に示される降灰層厚の情報をもとに作成した等層厚線図(第8.5.4図)から算定。

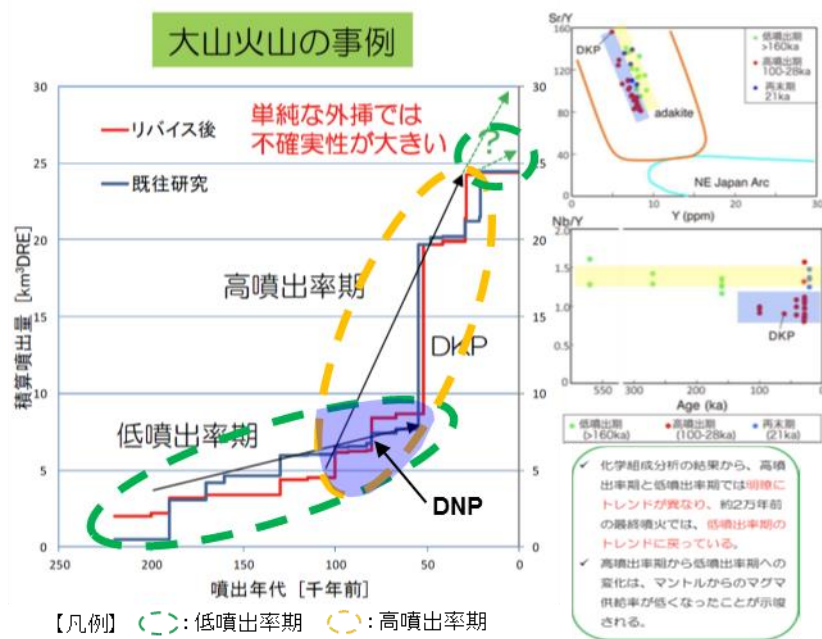
第 8.5.3 図 大山の噴火履歴※1



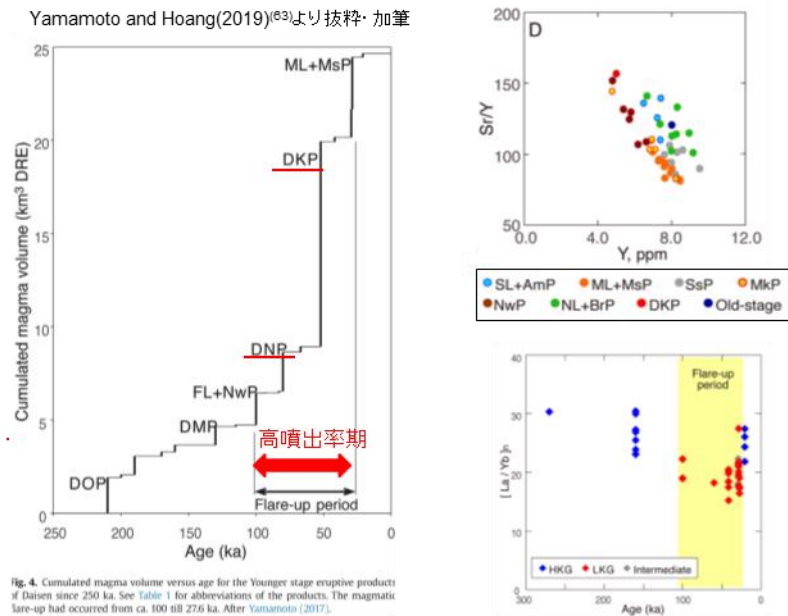
青文字は、原子力規制委員会(2018)<sup>(56)</sup>で示された地点を示す  
 赤文字は、岡田・谷本(1986)<sup>(57)</sup>に記載された地点を示す  
 [ ] は、参考扱いとした地点を示す  
 出典：地図データ@2018Google,ZENRINに加筆

第 8.5.4 図 大山生竹軽石の等層厚線図

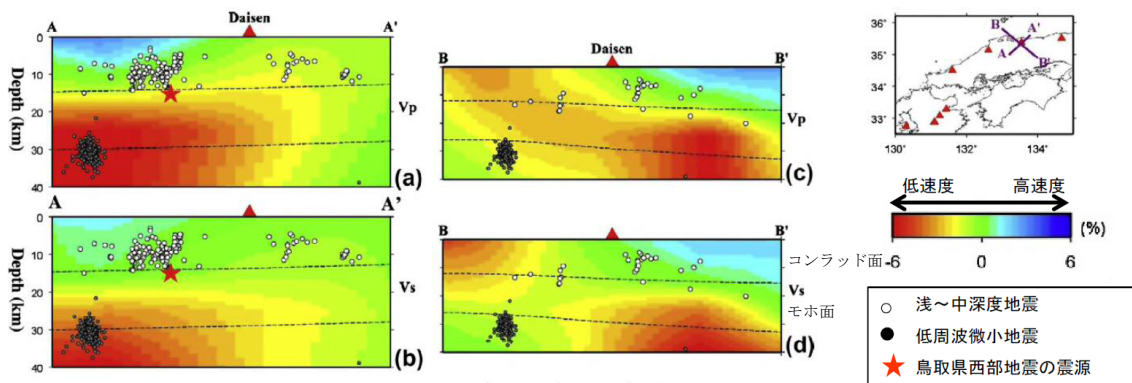
原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>より抜粋・加筆



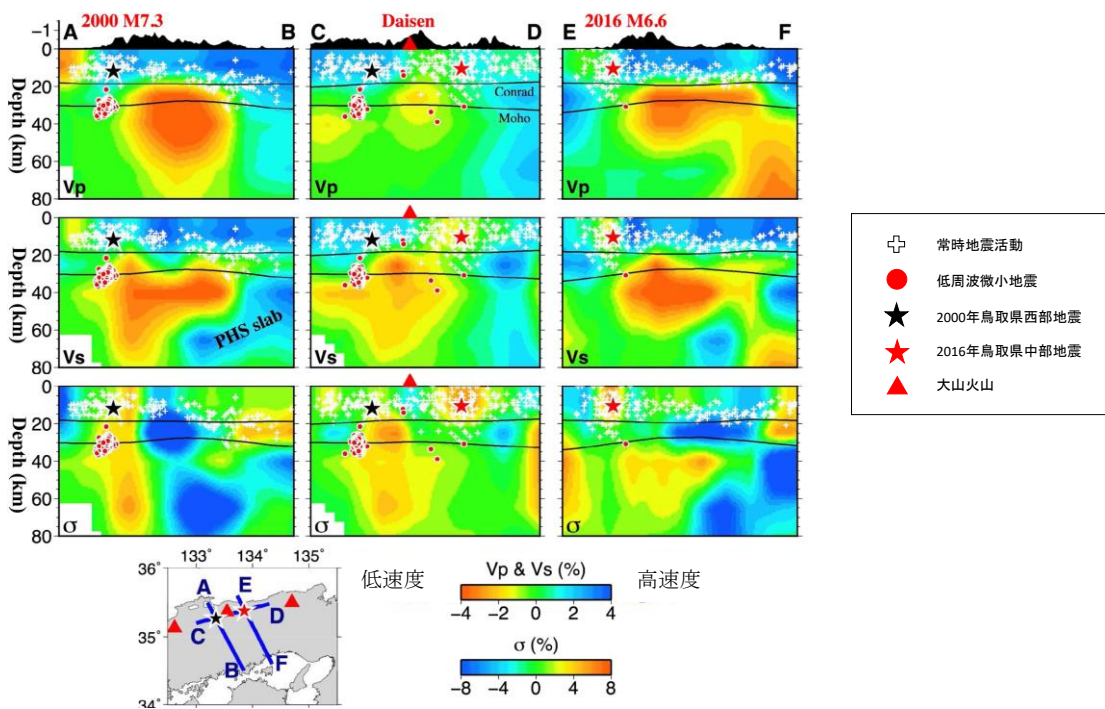
第 8.5.5 図(1) 原子力規制委員会(2019)<sup>(62)</sup>による大山の噴出率期の評価



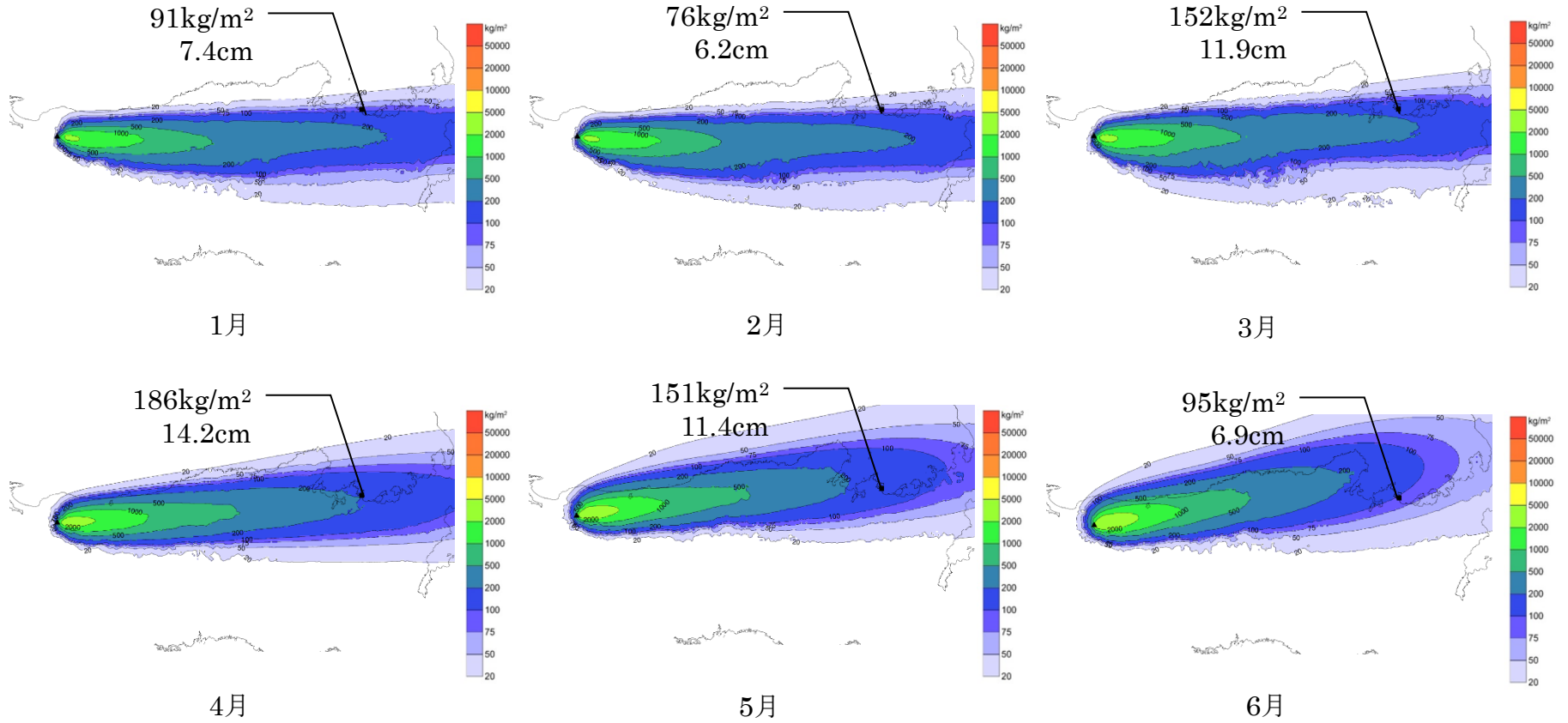
第 8.5.5 図(2) Yamamoto and Hoang(2019)<sup>(63)</sup>による大山の噴出率期の評価



第 8.5.6 図(1) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2011)<sup>(64)</sup>に加筆)



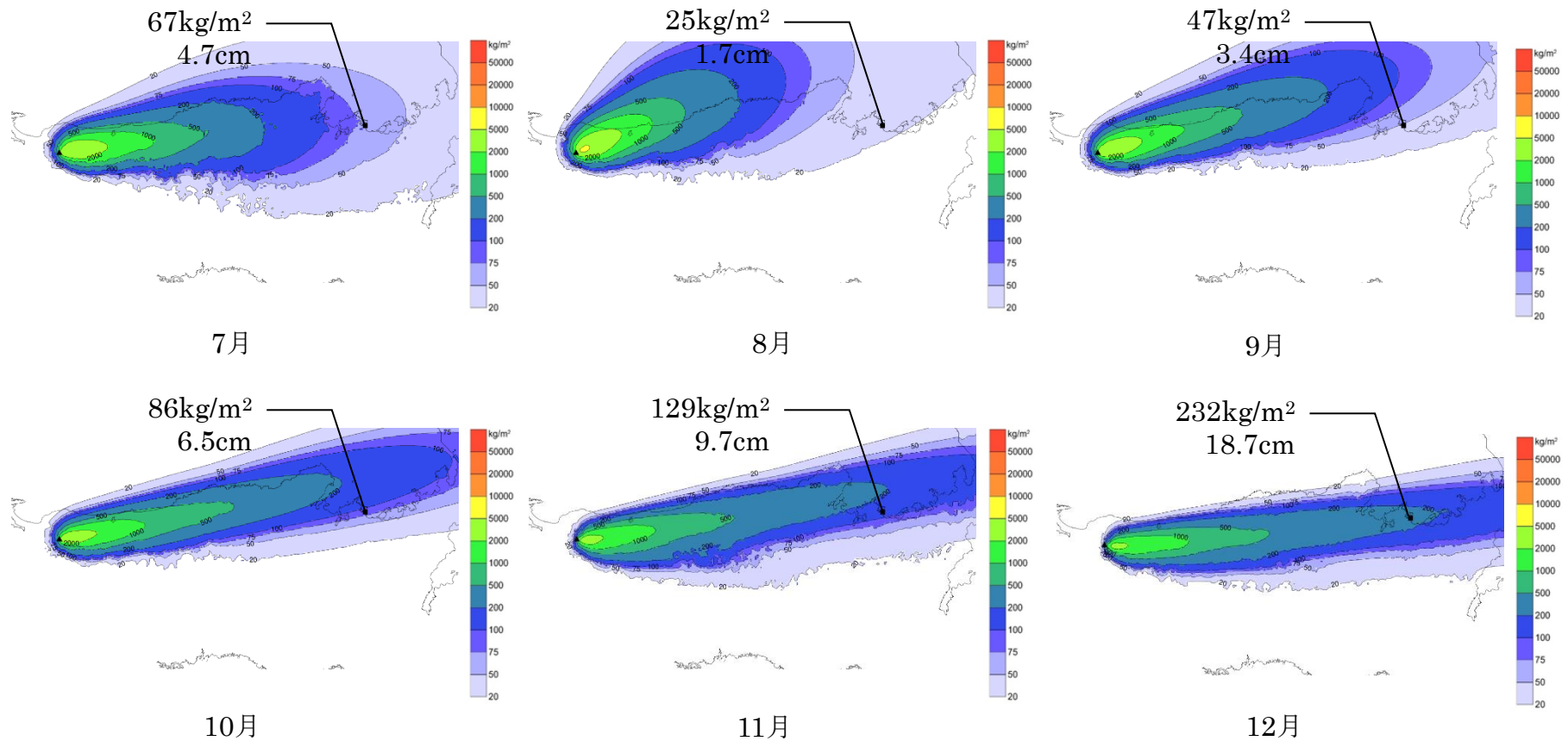
第 8.5.6 図(2) 大山の地下構造 (Zhao et al.(2018)<sup>(66)</sup>に加筆)



※アイソパックは降下火砕物堆積重量の分布図  
 上段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量  
 下段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量（堆積した粒径分布より等価密度を算出し、層厚を算出）

第 8.5.7 図(1) 大山の降下火砕物シミュレーション結果（基本ケース）



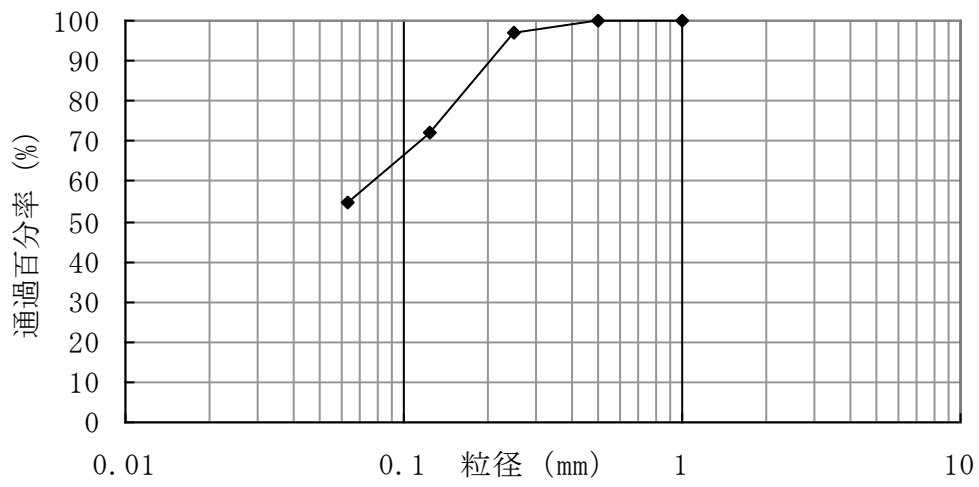


※アイソバックは降下火砕物堆積重量の分布図

上段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量

下段：高浜発電所近傍での降下火砕物堆積重量（堆積した粒径分布より等価密度を算出し、層厚を算出）

第 8.5.7 図(2) 大山の降下火砕物シミュレーション結果（基本ケース）



津波堆積物調査<sup>(39)</sup>で得られた始良 Tn テフラ（中山湿地）を対象に実施

第 8.5.8 図 粒度試験結果