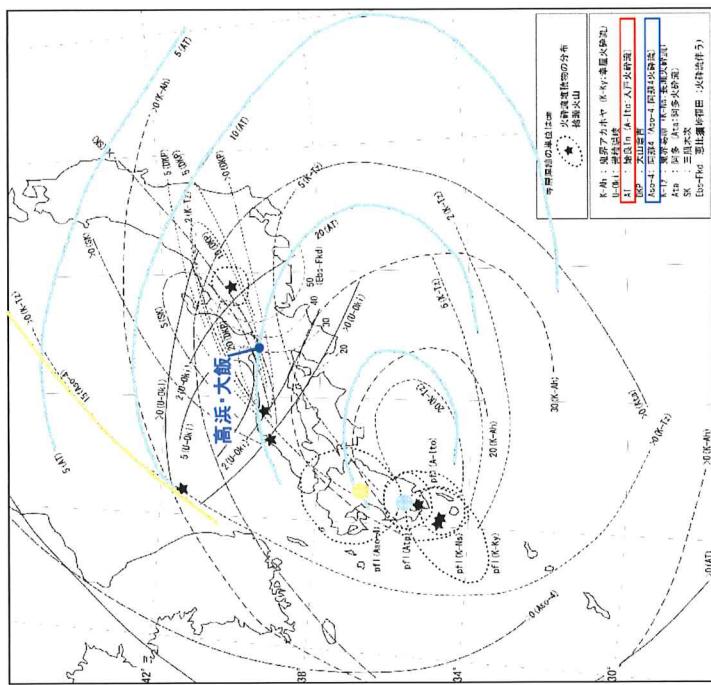


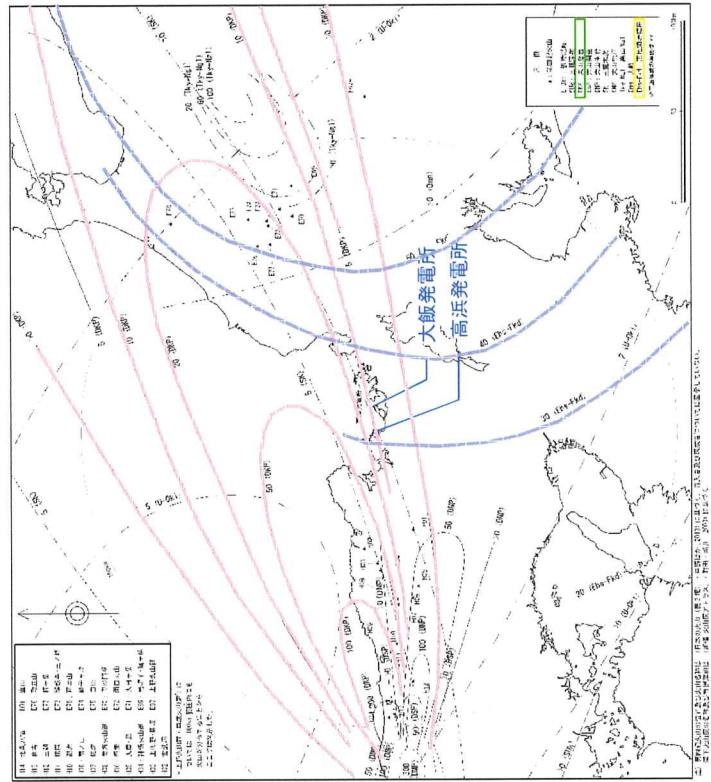
降下火碎物の抽出(文献調査)

第206回審査会合
資料3-7修正

23



町田・新井(2011)に加筆



町田・新井(2011)に加筆

- 「新編火山灰アトラス」を確認した結果※、敷地及びその周辺において、降灰層厚が比較的厚く、噴出源が同定できる「下火碎物」として、「始良Tnテフラ(約20cm)」「大山倉吉テフラ(約5cm～約10cm)」「恵比須峠福田テフラ(約30cm～約40cm)」を抽出した。
- ・原子力発電所に影響を及ぼし得る6火山の降下火碎物については、敷地及びその周辺においては確認できなかった。

※「新編火山灰アトラス」では、阿蘇4テフラの降灰層厚が15cm以上であったが、敷地周辺の水月湖で実施されたボーリング調査結果より、降灰層厚が約4cm程度(Smith et al. (2013))であり、降下火碎物が敷地に影響を及ぼす可能性が小さいため、検討対象外とした。

・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

・Victoria C. Smith, Darren F. Mark, Takeshi Nakagawa, Toru Danbara, 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

降下火碎物の抽出(文献調査)

第206回審査会合
資料3-7修正

24

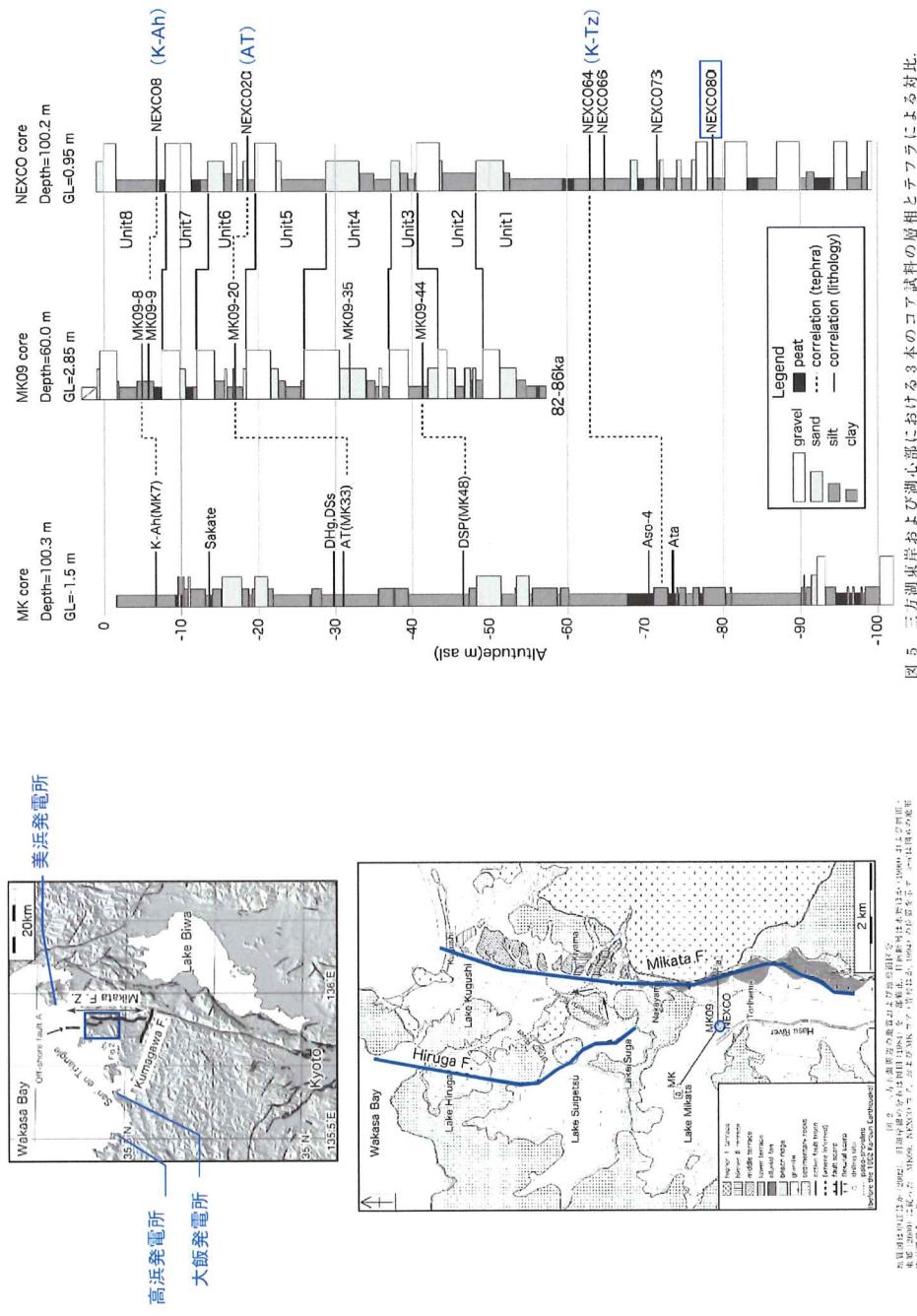


図 5 三方湖東岸および湖心部における3本のコア試料の層相とテフラによる対比。

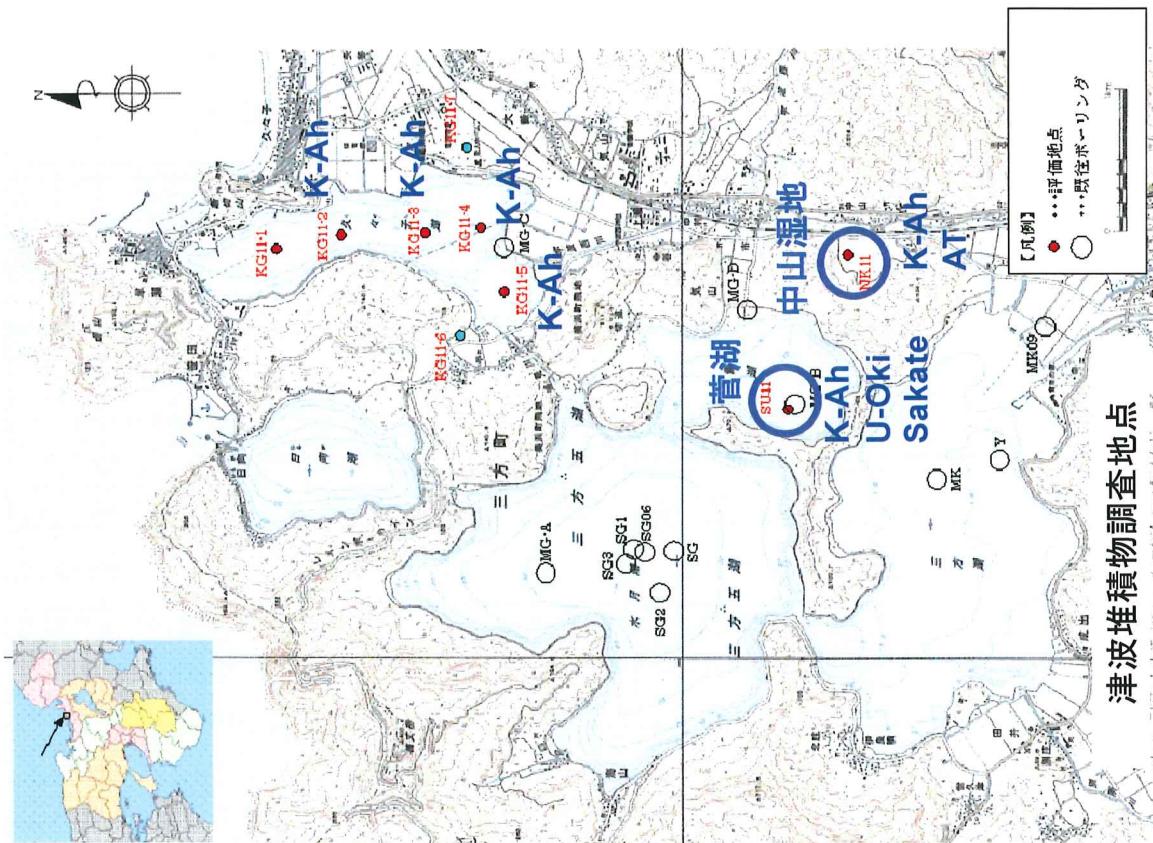
- ・その他文献調査を行った結果、降灰層が比較的厚く、噴出源が同定できない「NEXCO80 (層厚20cm:ただし、UpperとLowerに区分されている)」を抽出した。

・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帶の活動 に伴う後期更新世の沈降イベント 地学雑誌,119,p.775-793

降下火碎物の抽出(敷地及びその周辺での地質調査結果(1/2))

第206回審査会合
資料3-7再掲

25



敷地及びその周辺に分布する主な広域降下火碎物

敷地及びその周辺での地質調査の結果、鬼界葛テフラ(約9.5万年前)、大山倉吉テフラ(約5.5万年前)、姶良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、降下火碎物層として厚く堆積する箇所は確認されていない。

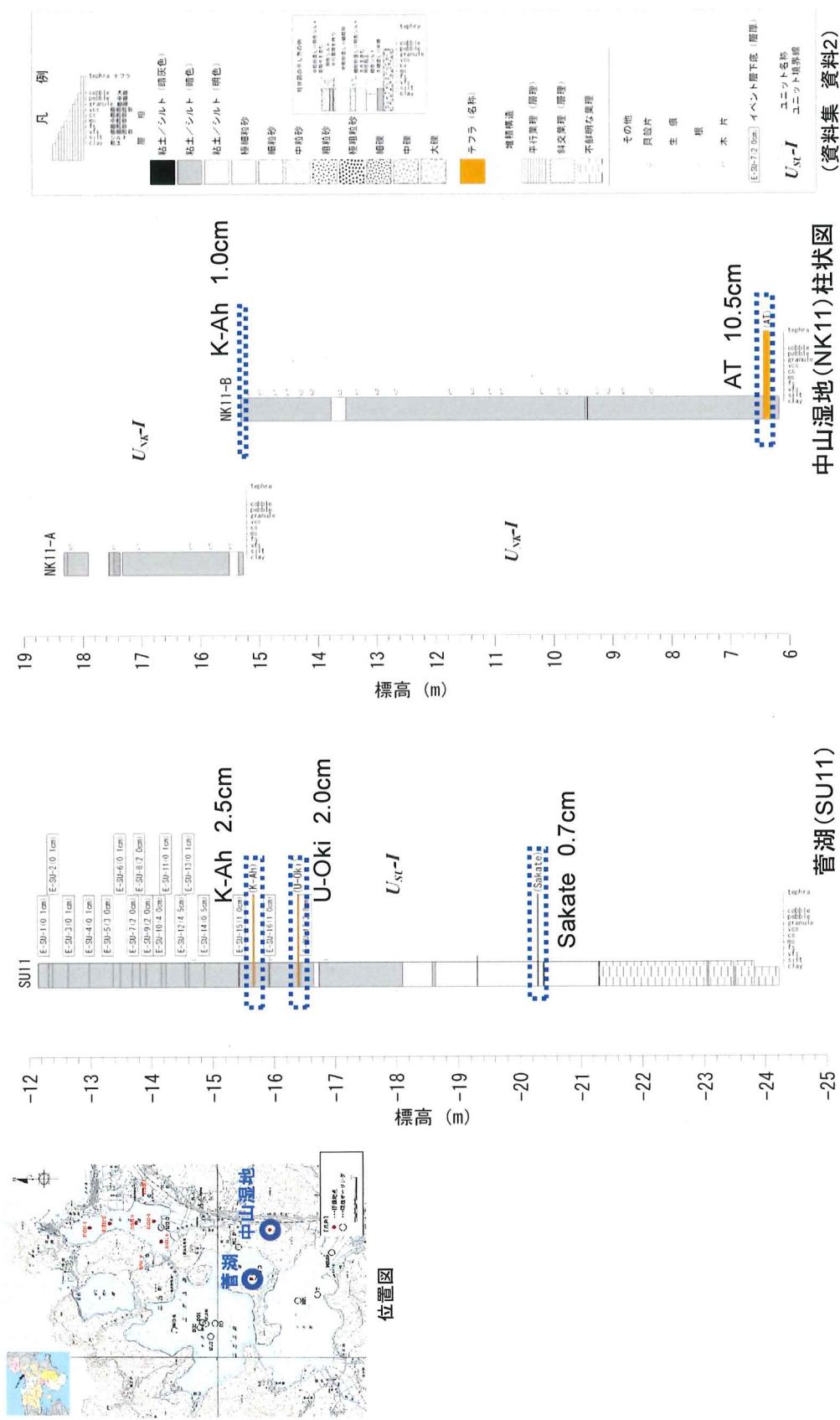
一方、古い地層の保存状況がよい三方五湖周辺において実施した津波堆積物調査の結果、姶良Tnテフラ(約2.9万年前～約2.6万年前)、鬱陵隱岐テフラ(約1.1万年前)、鬼界アカホヤテフラ(約7,300年前)等が確認された。

始良Tnテフラ、鬱陵隱岐テフラ等が確認された菖湖、中山湿地の結果について次に示す。

降下火碎物の抽出(敷地及びその周辺での地質調査結果(2/2))

第206回審査会合
資料3-7修正

26



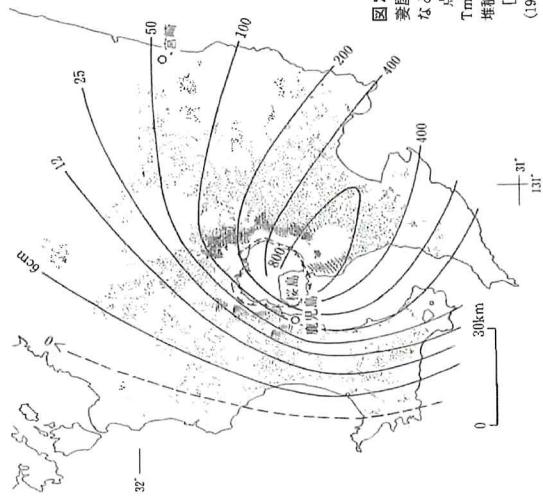
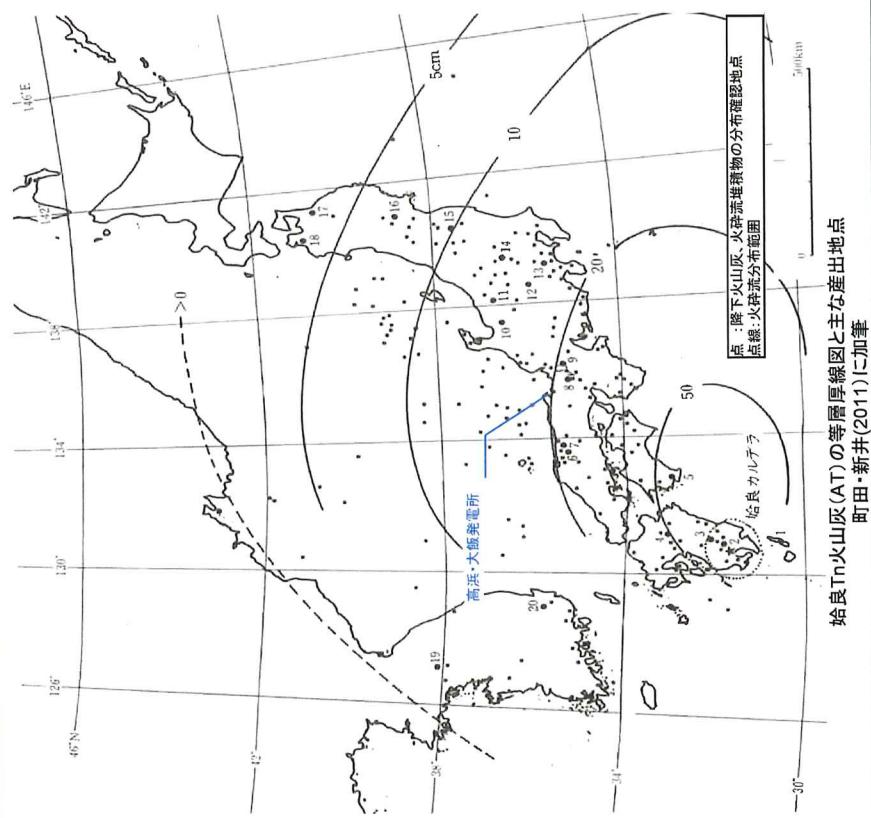
- ・地質調査を行った結果、降灰層厚が比較的厚く、噴出源が同定できる降下火碎物として、「始良Tnテフラ」を抽出した。
- ・原子力発電所に影響を及ぼし得る6火山の降下火碎物については、敷地及びその周辺においては確認できなかった。

3.3 噴出源が同定できる降下火碎物に関する検討
3.3.1 始良カルデラの将来の噴火の可能性に関する検討

始良カルデラの概要

第206回審査会合
資料3-7再掲

28



地質調査総合センター日本の火山データベース
https://ganken.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/volcano_data/H17.html

火山の型式・構造	カルデラ・火碎流台地
主な岩石	流紋岩、玄武岩、安山岩

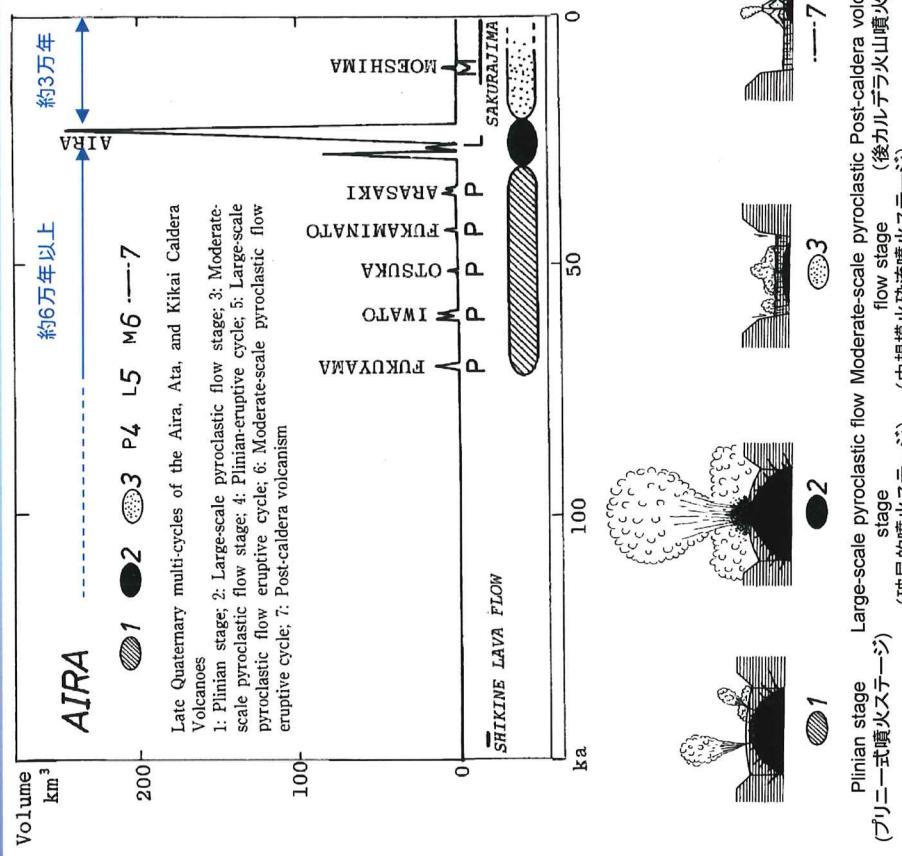
町田洋・新井房夫(2011):新編 火山灰アトラス[日本列島とその周辺],東京大学出版会

町田・新井(2011)によると、以下のとおり。

- ・始良カルデラは、鹿児島湾北部を占める径20kmの大カルデラであり、このカルデラの大部分は中期更新世にはすでに海湾として成立していた。
- ・始良Tnテフラは、始良カルデラを噴出源とし、約2.6万年前～約2.9万年前に噴出した降下軽石、巨大火碎流堆積物とその降下火山灰をさす。

- ・始良Tnテフラは、破局的噴火により噴出した入戸火碎流堆積物の上部を占めていた多量の火山灰が風に送られて広大な範囲に降下堆積したものである。

噴火履歴に関する検討



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, No.23, p.49-p.122

- Nagaoka(1988)によると、現在の姶良カルデラの噴火ステージは、後カルデラ火山噴火ステージ(Post-caldera volcanism)とされている。
- また、破局的噴火の活動間隔(約6万年以上)は、最新の破局的噴火(AIRA)の経過時間(約3万年)に比べて十分長いこと、現在、破局的噴火に先行して発生するブリニー式噴火ステージの兆候が認められないことから、破局的噴火までには十分時間的な余裕があると考えられ、発電所運用期間にこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。

地下構造に関する検討

マグマの種類 マグマの性質	玄武岩質 ←苦鉄質	安山岩質	ディサイト質	流紋岩質
SiO ₂ (wt.%)	45～53.5	53.5～62	62～70	70以上
密度(kg/m ³)	2700	2400	2300	2200
マグマのSiO ₂ と密度の関係(兼岡・井田(1997))				達長質→
SiO ₂ の量	少ない	少ない	多い	
マグマの性質	粘性 温度 噴火の仕方	小 1000度以上 おだやか	大 高い 1000度以上	武岩質マグマの浮力中立点へ 移っていく傾向がある。

マグマの性質と噴火の仕方(力武他(1987))

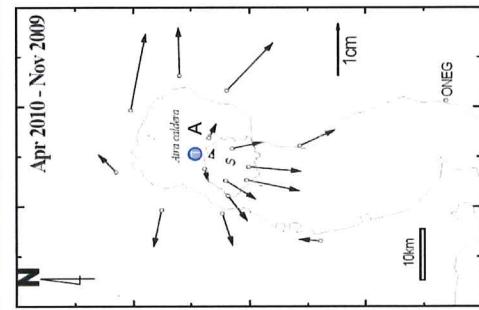


図1 始良カルデラの水平変位ベクトル図
(井口他(2011))

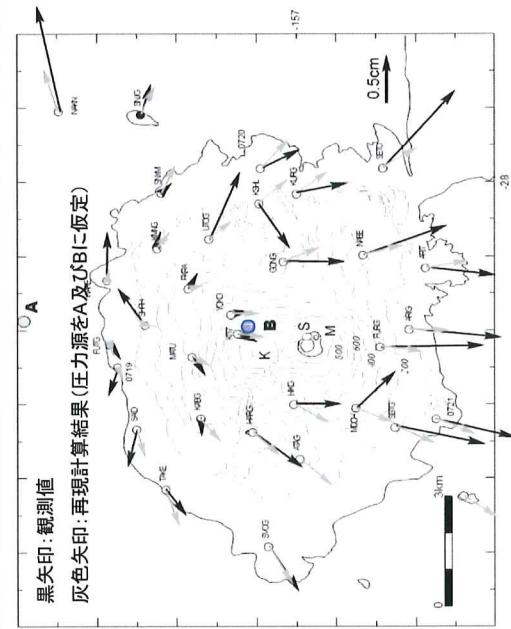


図2 桜島の水平変位ベクトル図
(井口他(2011))

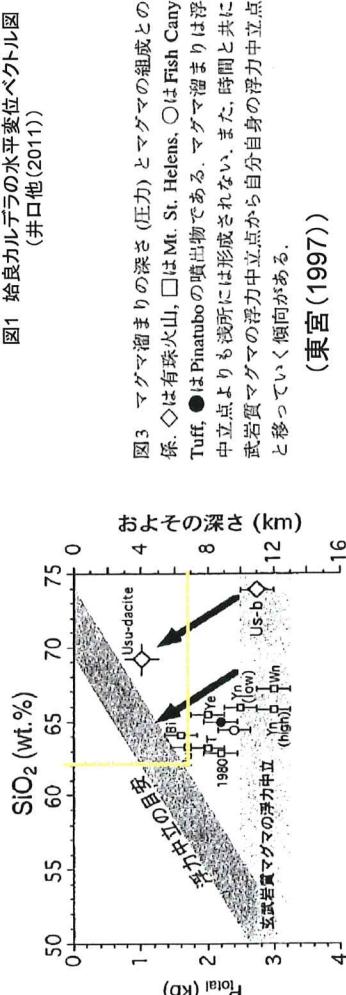


図3 マグマ溜まりの深さ(圧力)とマグマの組成との関係。△は有珠火山、□はMt. St. Helens、○はFish Canyon Tuff、●はPinanuboの噴出物である。マグマ溜まりは浮力中立点よりも浅所には形成されない、また、時間と共に玄武岩質マグマの浮力中立点から自分自身の浮力中立点へと移っていく傾向がある。
(東宮(1997))

▶兼岡・井田(1997)を基に、マグマのSiO₂と密度の関係を作成し、東宮(1997)のマグマの深さと組成との関係を確認した結果、地殻の密度とマグマの密度が釣り合う深さ(浮力中立点)は、破局的噴火を引き起こす珪長質マグマ(ディサイト質～流紋岩質)であれば、7km程度である。

▶井口他(2011)によると、GPS連続観測により得られた水平変位ベクトルより、始良カルデラ中央部のマグマ溜まりは深さ12kmにあると推定されている。なお、付加的な圧力源が桜島直下の深さ6kmに位置すると推定されている。

▶以上より、始良カルデラ中央部のマグマ溜まりは深度12kmに位置しており、破局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。

始良カルデラの将来の噴火の可能性に関するまとめ

【噴火履歴による検討結果】

- ▷ 破局的噴火の活動間隔(約6万年以上)は、最新の破局的噴火(AIRa)の経過時間(約3万年)に比べて十分長いこと、現在、破局的噴火に先行して発生するプリニー式噴火ステージの兆候が認められないことから、破局的噴火までには十分時間的な余裕があると考えられ、発電所運用期間にこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- ▷ 現在の始良カルデラの噴火ステージは、後カルデラ火山噴火ステージ(Post-caldera volcanism)とされている。

【地下構造による検討結果】

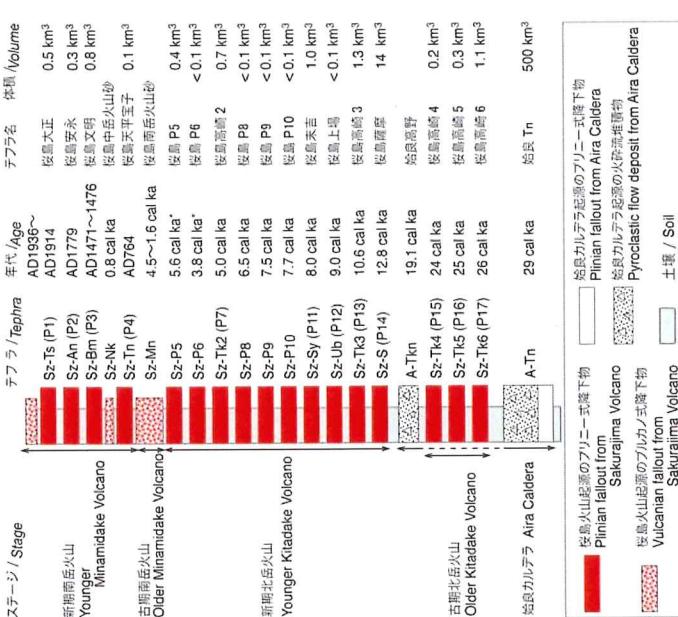
- ▷ 始良カルデラ中央部のマグマ溜りは深度12kmに位置しており、破局的噴火を引き起こす珪長質マグマの浮力中立点の深度7kmより深い位置にある。



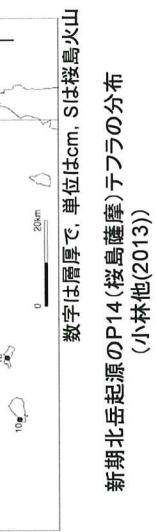
・始良カルデラについては、現在のマグマ溜まりは破局的噴火までは十分な時間的余裕があると考えられ、発電所運用期間にこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。よって、今後も現在の噴火ステージが継続するものと考えられる。

・運用期間中の噴火規模としては、後カルデラ火山噴火ステージである桜島での既往最大規模(桜島薩摩テフラ)程度の噴火を考慮する。

始良カルデラの降下火碎物の検討結果



桜島火山のテフラ層序と年代・噴出量 (小林他(2013))



桜島火山から噴出した火碎物の噴出量-時間換算図 (小林他(2013))

新期北岳起源のP14(桜島薩摩)テフラの分布
(小林他(2013))

数字は層厚で、単位はcm、Sは桜島火山

- 始良カルデラの運用期間中の噴火規模としては、後カルデラ火山噴火ステージである桜島での既往最大規模(桜島薩摩テフラ)程度の噴火を考慮する。
- 桜島薩摩テフラの噴火規模では、降下火碎物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価する。

3.3.2 大山の将来の噴火の可能性に関する検討

大山の概要

第206回審査会合
資料3-7再掲

34

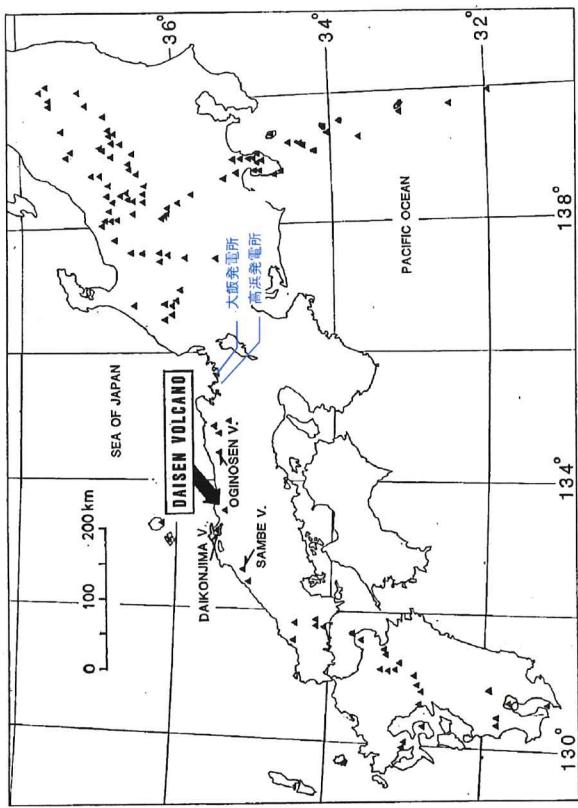


Fig. 1. Index map of Daisen volcano. Solid triangles are Quaternary volcanoes in the central and the west Japan.
津久井(1984)に加筆

地質調査総合センター日本の火山データベース https://gbank.gsi.jp/volcano/Quat_Vol/volcano_data/H17.html	
火山の型式・構造	溶岩ドーム、火碎丘、溶岩流
主な岩石	デイサイト、安山岩

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120km³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)を中心とした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、また三鈴峰等の溶岩円頂丘・火碎丘がある。
- ・大山は、更新世中期以降に活動を開始し、少なくとも2万年前以降までその活動を続けた。

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

噴火履歴に関する検討(1/3)

第206回審査会合
資料3-7再掲

35

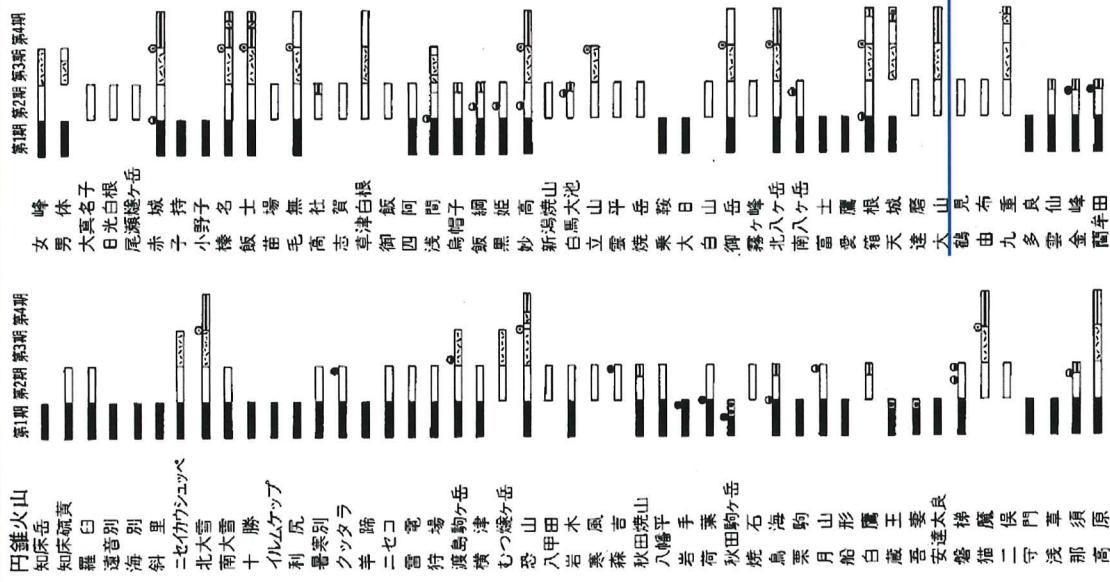


図 6.3.2 成層火山の発達過程 [守屋、1979] 第1期：玄武岩-安山岩質溶岩流・スコリアの交互噴出で成長した典型的円錐形火山、第2期：安山岩質溶岩流・爆発角礫を起こす、第3期：安山岩-デイサイト質溶岩の噴出で山頂部被覆、火碎流下で懸垂地形形成、第4期：火碎流下で懸垂地形形成。

米倉他(2001)に加筆

表 6.3.1 火山体の発達に伴う諸変化「守屋、1983 を一部修正」

成層火山	後 期			
	第4期	第3期	第2期	前 期
噴火様式	アリニー式・噴射式 ドーム溶岩・降下溶石	ブレーラー式 厚い溶岩流	アルカノ式 水蒸気噴火	ストロンボリ式 薄い溶岩流・スコリア流
噴出物	溶岩角礫 安山岩-デイサイト 輝石・角閃石 61	爆発角礫 安山岩-輝石 輝石・角閃石 62	爆発角礫 安山岩-輝石 輝石・角閃石 56	溶岩角礫 安山岩-輝石 輝石・角閃石 56
岩質	岩質 苦鉄質噴出物 シリカ (%) [*]	岩質 苦鉄質噴出物 噴出量 (km ³) [*]	岩質 苦鉄質噴出物 活動期間 (10 ³ 年) [*]	岩質 苦鉄質噴出物 活動度 (km ³ /10 ³ 年) [*]
シリカ (%) [*]	95	10	3	0.3
噴出量 (km ³) [*]	320	50	30	0.2
活動期間 (10 ³ 年) [*]	0.3	0.1	0.2	0.1

* 主な火山の平均値。

米倉他(2001)に加筆

- ・守屋(1983)によると、日本の第四紀火山の発達史的分類が行われております、大山は第4期として整理されております。
- ・米倉他(2001)によると、第4期の噴出量は第1～3期に比べて少なく、数km³とされている。

図 22 日本の第四紀火山の地形発達を示す模式図。
守屋(1983)に加筆

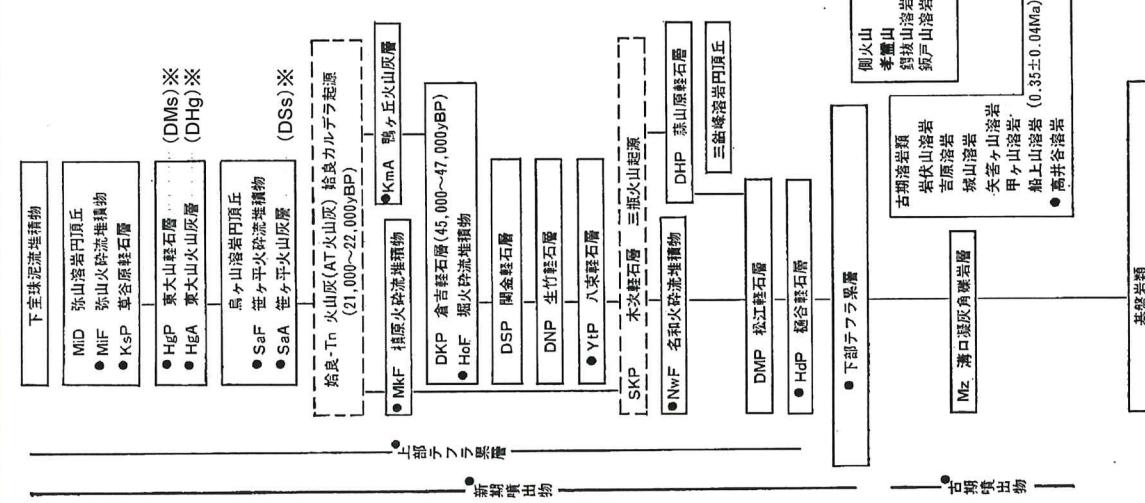
・守屋以智雄(1983)：日本の火山地形、東京大学出版会,p.34

・米倉伸之・貝塚英平・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

噴火履歴に関する検討(2/3)

第206回審査会合
資料3-7再掲

36



LEGEND

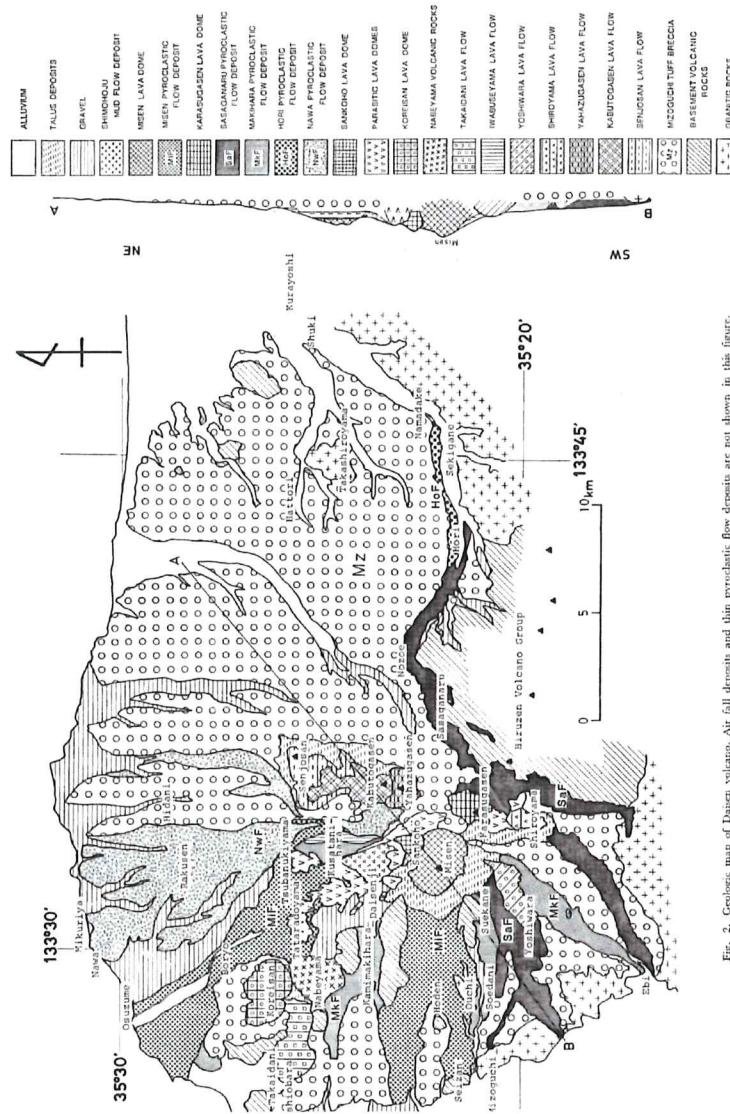


Fig. 2. Geologic map of Daisen volcano. Air fall deposits and thin pyroclastic flow deposits are not shown in this figure.

津久井(1984)

・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学術大会見学旅行案内書2000年松江,p.81-p.90
・加藤茂弘・山下徹・権原徹(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(2004)を参照

噴火履歴に関する検討(3/3)

第206回審査会合
資料3-7再掲

37

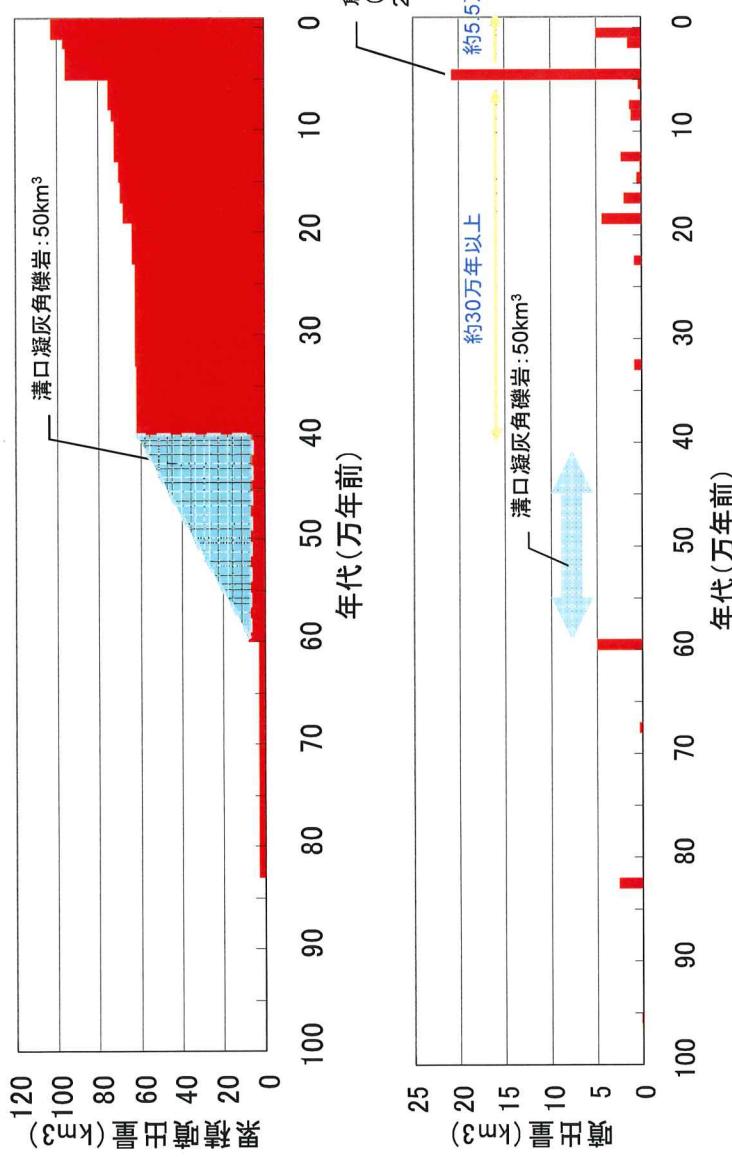


Fig. 5. Variation of relative volume of lavas and pyroclastic materials with K-Ar ages. Mz: Mizoguchi tuff breccia. OL: Older Lava Flows. LTG: Lower Tephra Group. UTG: Upper Tephra Group.
(津久井他(1985))

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

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

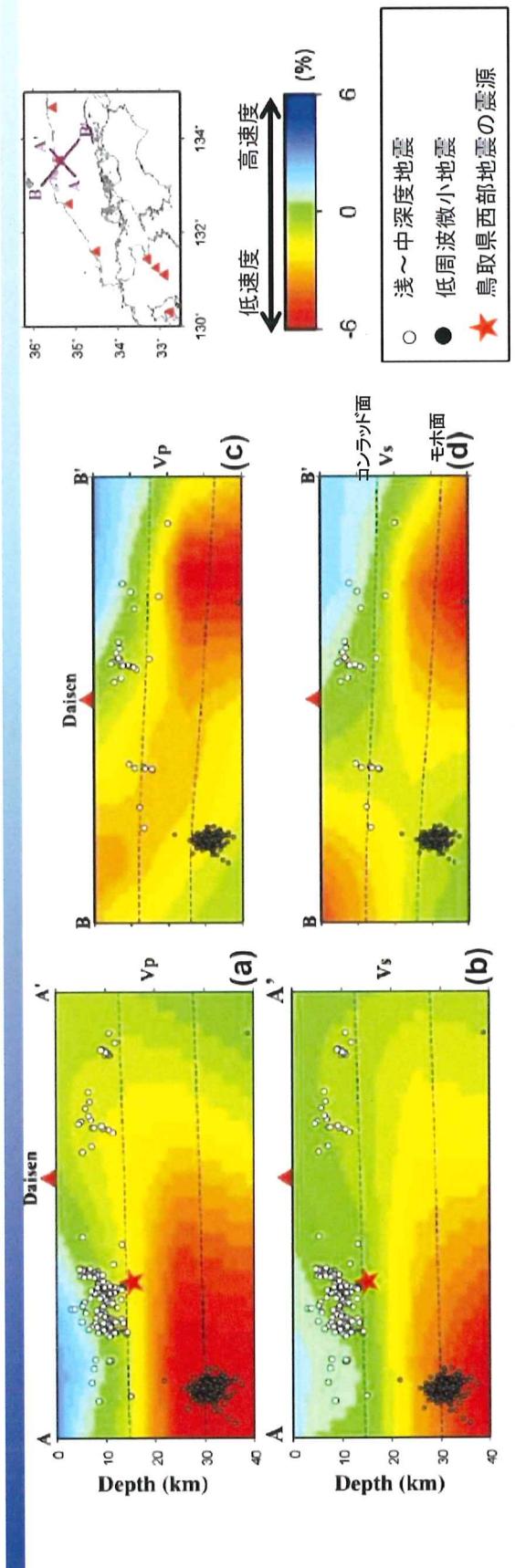
・津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介(1985):森山火山群・大山火山のK-Ar年代、地質学雑誌、91, p.279-p.288

- 須藤他(2007)、第四紀カタログ(1999)及び津久井他(1985)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規模の噴火規模には、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。
- 一方で、数km³以下の規模の噴火については、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。

地下構造に関する検討

第206回審査会合
資料3-7再掲

38



Zhao et al.(2011)より引用

・浅森・梅田(2005)によると、地震波トモグラフィ解析から得られる地震波速度構造は、岩石の種類、流体の飽和度、温度、圧力等の変化を反映しており、低速度領域には、流体や高温異常の存在を示唆するとしている。

・Zhao et al.,(2011)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、地下深部のマグマ溜まりの存在する可能性を示唆している。

・一方で、大見(2002)によると、鳥取県西部地震震源域の深部低周波地震は、深部のマグマ活動に限定して考えると、スラブから供給された流体の挙動に基づくものだと考えるほうが理解しやすいとしている。

・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、発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。

- ・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—,原子力ハックエンド研究,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
- ・大見土朗(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

大山の将来の噴火の可能性に関するまとめ

【噴火履歴による検討結果】

- 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、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km³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規模の噴火までは、十分時間的な余裕があると考えられ、発電所運用期間にこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- 一方で、数km³以下の規模の噴火については、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。

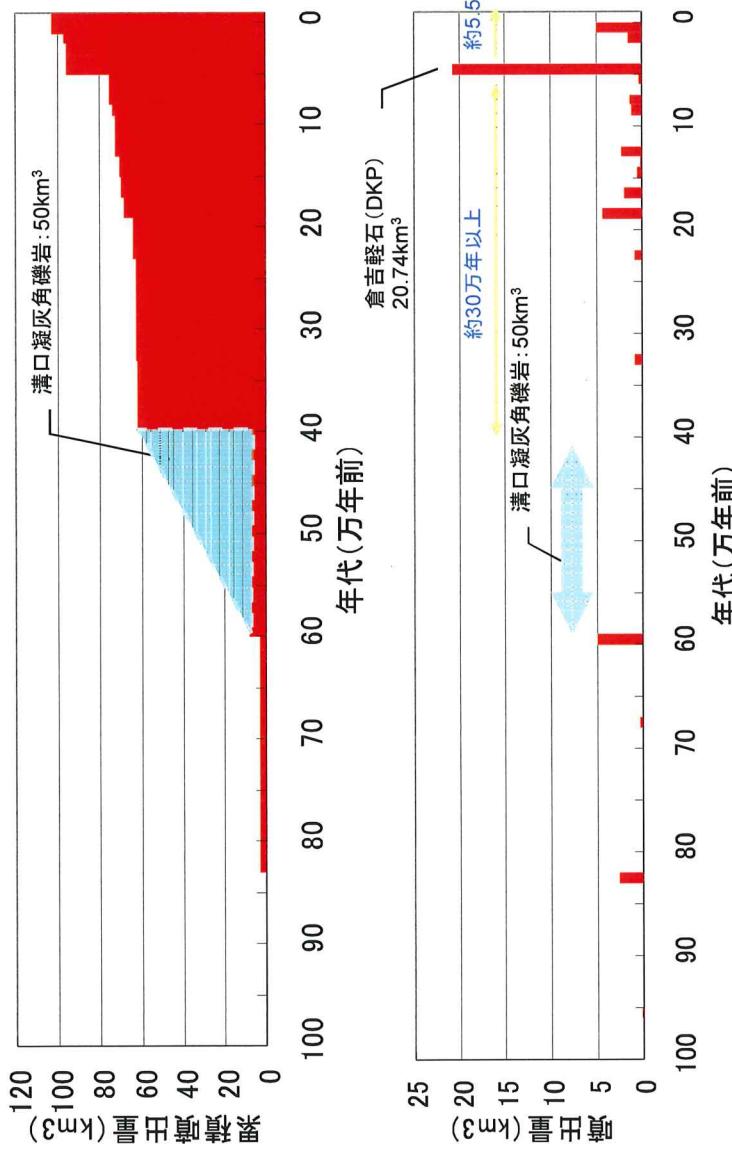
【地下構造による検討結果】

- 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。



- ・大山については、発電所運用期間にDKP規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- ・運用期間中の噴火規模としては、繰り返し生じている数km³以下の規模の噴火の可能性を考慮する。

大山の降下火碎物の検討条件(噴出規模)



*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

*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・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

- ・大山については、発電所運用期間にDKP規模の噴火の可能性は十分低いと考えられるため、繰り返し生じている数km³以下の規模の噴火の可能性を考慮する。
- ・繰り返し生じている数km³以下の規模の噴火の中でも最も規模の大きい噴出量5km³を降下火碎物シミュレーションに用いる。

※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):落岩円頂丘3km³、噴原火碎流1km³、弥山火碎流0.5km³、清水原火碎流0.5km³の合計