平成２５年(ワ)第６９６号　原発運転差止め請求事件

原告　辻　義則　外５６名

被告　関西電力株式会社

準備書面(36)

【降下火砕物（火山灰）に関する危険性】

平成２９年１０月３日

大津地方裁判所民事部合議Ａ係　御中

原告ら訴訟代理人弁護士　井　戸　謙　一

同　菅　　充　行

同　髙　橋　典　明

同　吉　川　　実

同　加　納　雄　二

同　田　島　義　久

同　崔　　信　義

同　定　岡　由紀子

同　永　芳　　明

同　　藤　木　達　郎

同　　渡　辺　輝　人

同　　高　橋　陽　一

同　　関　根　良　平

同　　森　内　彩　子

同　　杉　田　哲　明

同　　石　川　賢　治

同　　向　川　さゆり

同　　石　田　達　也

同　　稲　田　ますみ

弁護士井戸謙一復代理人

同　　河　合　弘　之

同　　甫　守　一　樹

同　　池　田　直　樹

目次

第１　最初に……4
第２　噴火のメカニズムと本書面で使用する用語……5
　１　噴火のメカニズム……5
　２　テフラ（灰）について……5
　３　噴火の規模……5
　４　その他の用語の意味・定義……6
第３　被告の原子力発電所周辺の降灰……6
　１　阿蘇カルデラでの噴火（甲全第４４５号証７０～７４頁）……7
　２　姶良カルデラの噴火（甲全第４４５号証６４～７０頁）……8
　３　鬼界カルデラでの噴火（甲全第４４５号証５８～６３，７４～７６頁）……8
　４　阿多カルデラでの噴火（甲全第４４５号証７６～７９頁）……9
　５　大山カルデラでの噴火（甲全第４４５号証８３～８５頁）……10
　６　三瓶カルデラでの噴火（甲全第４４５号証８５～８７頁）……10
　７　鬱陵島カルデラ（甲全第４４５号証８２～８３頁）……11
第４　降灰があった場合の影響……12
　１　はじめに……12
　２　停電……12
　３　取水・排水路や取水・排水口の閉塞の問題……12
　４　腐食の問題……13
　５　健康被害……13
　６　建物被害……13
　７　交通網の被害（甲全第４４６号証１３３頁）……14
第５　火山灰の影響に関する規制……14
　１　規制基準……14
第６　火山灰濃度に関する規制基準の不合理性……18

１　従来の火山灰の大気中濃度の想定 18
２　従来の想定に対する批判 18
３　検討チームの設置と専門家からの指摘 20
４　新たな火山灰濃度規制について専門家の指摘が考慮されていないこと 22
５　改定されようとしている火山灰濃度に関する規制基準の不合理性 23
６　気中降下火砕物濃度（当時の用語では「機能維持評価用参考濃度」）への対応 25
第７　被告の降下火砕物の想定の不十分さ 26
１　被告の想定 26
２　被告の想定が不十分であること①－噴出量 30
３　被告の想定が不十分であること①－不確かさの考慮 40
４　層厚を５０センチメートルとした場合の施設への影響 40

【本文】

第１　最初に

被告が所有する若狭地方の原子力発電所の周辺には大規模な火山はないが，九州や中国地方の火山において大規模な噴火があれば，被告の原発にも火山灰による影響がある。

本書面では，被告の原子力発電所周辺に見られる火山灰（テフラ）及び規制基準における火山に関する規制を概観した上で，火山灰濃度に関する規制基準の不合理性すなわち規制基準が原告らの安全性を担保する基準でないことを指摘する。

また，被告が新規制基準の適合性審査にあたって原子力規制委員会に示した考え方が，火山学のこれまでの知見に反することや，最新の知見を踏まえたものでなく，また火山影響評価ガイドにも反し結論において誤りがあるこ

とを指摘し，大規模な噴火があった場合に火山灰による影響を受けるおそれがあることを示す。

第２　噴火のメカニズムと本書面で使用する用語

１　噴火のメカニズム

マグマが地下から地表に激しく出てくることを噴火という。マグマは１０００度前後の高温の液状の物質で地表に出てくると冷え固まって溶岩と呼ばれる岩石になる。マグマは地中では深さに応じた圧力を受けているが，地表に近づいて圧力が下がると，マグマに溶け込んでいた水などの揮発性成分は沸騰し火山ガスとして逃げていくことになる。マグマの粘性にもよるが，粘性が高く火山ガスが急激に火道内発生し圧力が高まると爆発的な噴火が発生する。

２　テフラ（灰）について

爆発的な噴火ではマグマは火道を上昇する途中で粉砕されて大小の粒子になり，これが冷えたものをテフラ（灰）と呼ぶ。テフラは粒子の大きさによって，火山岩塊（６４ミリメートル以上），火山礫（２～６４ミリメートル），火山灰（２ミリメートル以下）の３つに分類されることが多い。噴火が爆発的であるとテフラが上空高くまで吹き上げられ，上空の風にのって風下側に運ばれ，やがて重力により落下し堆積される。大規模な噴火が起こり，大量のテフラが高くまで吹き上がると風（偏西風）に乗ってテフラが拡散する。広い地域にわたって存在するテフラを広域テフラと呼ぶ。

テフラの呼称をアルファベットで表記することがある。例えば，大山で約５万５０００年以前にあった大規模な噴火により生じたテフラをＤＫＰ（テフラ）と呼んだり大山倉吉テフラと呼ぶことがある。また，その時の噴火をＤＫＰ噴火，大山倉吉噴火と呼ぶ。

３　噴火の規模

噴火の規模を表す指標としてＶＥＩ（Volcanic Explosivity Index，火山爆発指数）が用いられる。これは，噴出物体積の対数で表される。ＶＥＩ５で噴出物体積が１～１０立方キロメートル，ＶＥＩ６で１０～１００立方キロメートル，ＶＥＩ７では１００～１０００立方キロメートルとなる。本書面ではＶＥＩ６以上の規模の噴火を巨大噴火とか破局的噴火という。

４　その他の用語の意味・定義

⑴　降下火砕物

大きさ，形状，組成若しくは形成方法に関係なく，火山から噴出されたあらゆる種類の火山砕屑物で降下する物を指す（甲全第４４４号証『火山影響評価ガイド』１．４（８））。

⑵　カルデラ

火山活動によって形成された大きな凹地のことを指す。大規模な噴火で，火山噴出物が大量に噴出したり，マグマが地下を移動して空洞化した地下のマグマだまりに，落ち込む形で地表が陥没したものである。カルデラが生じるような大規模な噴火をカルデラ噴火と呼ぶ。

⑶　噴煙柱

噴火の際の圧力が高いと，テフラは空高く噴き上げられる。黒灰色の噴煙は柱状になり，その高度は２０～５０キロメートルに達する。偏西風は高度約１２キロメートル付近で顕著であるので，噴煙柱が偏西風の影響を受けることがある。

第３　被告の原子力発電所周辺の降灰

大規模な噴火があった場合，その降灰が及ぶ範囲は広い。原子力発電所周辺の地中のテフラを調べると過去には中国地方や九州地方の噴火により被告の原発周辺にも降灰があった。以下はその内の代表的なものである。

表 3　コア中に認められたテフラとそれらと対比可能な近畿地方に分布する既知のテフラの岩石記載的特徴.

Table 3　Petrographic properties of tephra layers recognized in the MK09 and NEXCO cores, and those of the correlative tephra layers previously known in the Kinki Districts.

Core Name	Tephra Name (Correlative tephra)	Depth (m)	Grain composition (%)					Glass shards					Heavy minerals								
								Shape of glass shards (%)				Refractive index	Heavy mineral composition (%)							Refractive index (mode)	
			Gl	Rf	Lm	Hm	Ot	H	C	T	C	(mode)	Opx	Cpx	Am	Opq	Bt	Ap	Zr	Opx (γ)	Ho (n_2)
MK09	MK09-8 (= K-Ah)	7.81–7.74 (7cm)	92	2	3	1	2	76	18.5	5	0.5	1.510–1.512	12.5	6	6.5	17	47	11	0		
								Colored glass shards: 2%													
MK09	MK09-9 (= U-Oki)	8.66–8.51 (5cm)	71	11.5	13.5	2.5	1.5	2.5	5	91.5	1	1.521–1.524 (1.522)	2.5	1.5	9	11	56.5	19.5	0		
MK09	MK09-20 (= AT)	19.87–19.76 (11cm)	92	5.5	1.5	1	0	72	13	11	4	1.498–1.500 (1.500)	37	15	26.5	16	4	1.5	0		
								Colored glass shards: 1%													
MK09	MK09-35 (= SI)	34.61–34.59 (2cm)	66.5	10	18	5.5	0	4.5	18.5	69	8	1.499–1.501 (1.501)	5.5	0.5	77	11	4.5	1	0.5		1.671–1.677 (1.672–1.674)
MK09	MK09-44 (= DSP)	44.10											11	0	40.5	17.5	30	1	0	1.700–1.705	1.680–1.685 (1.683)
NEXCO	NEXCO8 (= U-Oki)	7.88–7.85 (3cm)	12.5	53	26.5	4.5	3.5	6.5	8	83.5	2	1.521–1.525 (1.522–1.523)	2	4	9	12.5	60.5	12	0		
NEXCO	NEXCO20 (= AT)	19.50–19.20 (30cm)	83.5	11	3.5	1	1	46	27.5	21	5.5	1.498–1.501 (1.500)	28.5	8.5	26.5	16	19	1.5	0		
NEXCO	NEXCO64 (= K-Tz)	63.96–63.91 (5cm)	95	0	4.5	0.5	0	63.5	26.5	8.5	1.5	1.498–1.500 (1.499–1.500)	54	10	7	7	21	1	0		
				(β-Quartzdominant)																	
NEXCO	NEXCO66	65.81–65.80 (1cm)	73.5	14	9	2.5	1	0.5	3.5	87.5	8.5	1.497–1.498 (1.497)	8.5	10.5	33.5	21	23.5	1	2		
NEXCO	NEXCO73	72.60–72.56 (4cm)	36.5	45.5	14.5	3	0.5	2.5	8	55.5	34	1.498–1.500 1.522–1.530 (1.523–1.525, 1.529–1.530)	26	12	16	27.5	11	7	0.5		
								Colored glass shards: 23%													
NEXCO	NEXCO80 Upper	79.70–79.50 (79.60)	35	4	43.5	16.5	1	0.5	6.5	92	1	1.500–1.506 (1.504)	17	6	65	10.5	1	0.5	*		
NEXCO	NEXCO80 Lower	79.70–79.50 (79.70)	15.5	2	51.5	31	0	0	6	92	2	1.502–1.508 (1.504)	17	5	70	8	*	0	*	1.702–1.708 (1.704–1.705)	1.671–1.684 (1.673, 1.676, 1.684)
MK	MK7 (= K-Ah)	5.10–5.07 (3cm)	98	0	3	1	0	75	5	20	0	1.511–1.517 (1.511–1.512)	25	32.5	0	35	0	7.5	0		
								including colored glass shards													
MK	MK33 (= AT)	29.40–29.33 (7cm)	95	0	4	*	1	43	26.5	30.5	0	1.498–1.500 (1.499)	+		+		*	*			
MK	MK48 (= DSP)	44.80	3.5	0	67	13	16.5	2	3	90	5	1.508–1.514 (10 shards)	28	0	61	10.5	0.5	0	0		
BT	BT3 (= K-Ah)	2.23–2.20 (3cm)	99	*	1	*	–	71	24	5	0	1.511–1.515 (1.511–1.513)	37	24	*	35	0	4	0	1.7095–1.7124 (1.711)	
								including colored glass shards													
BT	BT4 (= U-Oki)	2.65–2.62 (3cm)	82	2	16	*	–	*	20	80	0	1.522–1.525	*	7	18	13	52	10	0		1.7301–1.7493 (1.734)
								including colored glass shards													
BT	BT10 (= AT)	8.62–8.52 (10cm)	95	0	2	*	–	63	34	3	0	1.499–1.501	44	11	10	32	0	3	0	1.7082–1.7352 (1.710, 1.732)	1.6652–1.6795 (1.670–1.671)
BT	BT15 (= SI)	14.69	55	2	29	14	–	1	11	88	*	1.499–1.504 (1.499–1.502)	*	0	66	9	23	2	0		1.6692–1.6815 (1.675–1.678)
BT	BT25 (= K-Tz)	30.88	97	0	3	*	–	57	37	5	1	1.498–1.501	40	34	2	21	*	3	0	1.7037–1.7080 (1.706–1.707)	

（甲Ｂ第４１号証　スライド２４）

１　阿蘇カルデラでの噴火（甲全第４４５号証７０～７４頁）

図 2.1-11　阿蘇 4 火山灰（Aso-4）の等層厚線図と主な産出地点.
点線内は阿蘇 4 火砕流堆積物［Aso-4（pf）］の分布範囲を示す.
模式地：1. 国富町川上，2. 竹田市・荻町一帯，3. 関金町大山池，4. 琵琶湖高島沖，5. 加賀市黒崎，6. 木曽福島町，7. 長野市高野，8. 上野原町鶴島，9. 新里村高泉，10. 福島市佐原町，11. 鳴子町鬼首北滝，12. 玉山村新田，13. 男鹿市安田海岸，14. 五戸町鹿内，15. 尻岸町女那川，16. 伊達市館山，17. 厚真町軽舞，18. 広尾町ピラオトリ，19. 網走市藻琴湖西岸.

南九州の阿蘇地方に大規模なカルデラが存在する。直近の阿蘇カルデラにおける破局的噴火は約９万年前に起きたとされる阿蘇４噴火（Aso-4　ＶＥＩ７）である。この噴火によって被告の原発がある若狭地方でも１５センチメートル以上の降灰があったとされている。

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（７２頁）東京大学出版会（Ａｓｏ－４の分布状況を示す。）

２　姶良カルデラの噴火（甲全第４４５号証６４～７０頁）

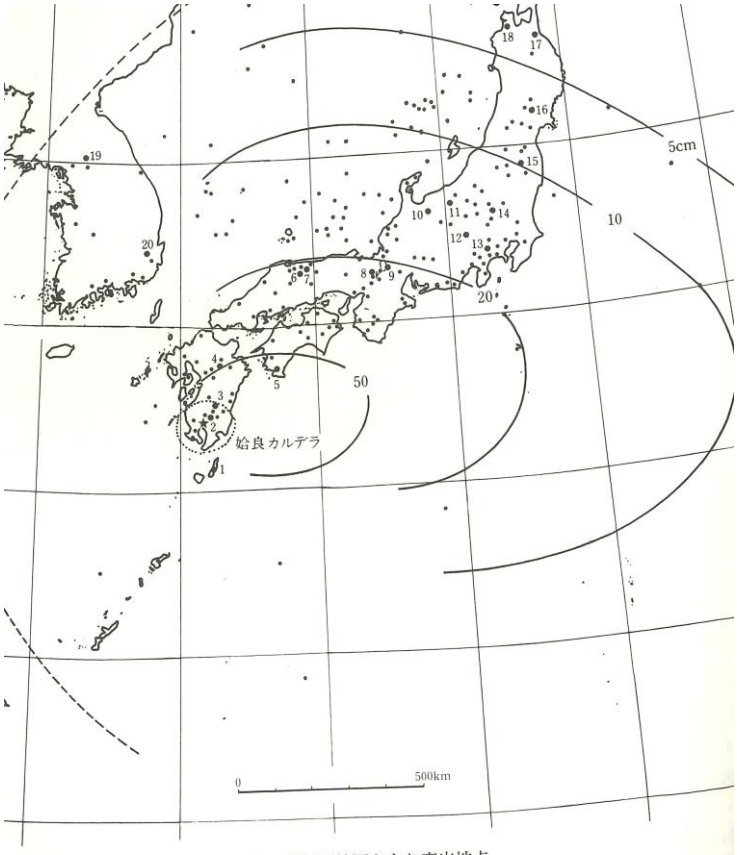


図 2.1-6　姶良 Tn 火山灰（AT）の等層厚線図と主な産出地点.
点線内は入戸火砕流堆積物（A-Ito）の分布範囲を示す.
模式地：1. 中種子町野間，2. 国分市白蔵原，3. 小林市南原町，4. 萩町桜町，5. 宿毛市小川，6. 八東村花園，7. 関金町安歩，8. 京都市大原，9. 彦根市大堀，10. 立山町千垣，11. 妙高高原町笹ケ峰，12. 川上村野辺山，13. 奏野市ヤビツ峠北，14. 前橋市上細井，15. 二本松市岳温泉，16. 鳴子町川渡，17. 八戸市多賀台，18. 木造町出来島，19. 全谷里，20. 古礼里.
［Machida & Arai（1983）を改訂，ほかに河合（2001）は主に陸上資料から描いている］

姶良カルデラにおける直近の破局的噴火は約２万９０００年前の姶良丹沢（ＡＴ）噴火で被告の原発周辺で約２０センチメートルないしそれ以上の降灰があったと考えられる。

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（６６頁）東京大学出版会（ＡＴの分布状況を示す。）

３　鬼界カルデラでの噴火（甲全第４４５号証５８～６３，７４～７６頁）

鬼界カルデラは，薩摩半島と屋久島の間にあるカルデラである。約７３００年前の鬼界アカホヤ（Ｋ－Ａｈ）噴火と約９万５０００年前の鬼界葛原（きかいとずらはら）（Ｋ－Ｔｚ）噴火はＶＥＩ７の規模の破局的噴火であった。被告の原子力発電所周辺にも上記二つのテフラが堆積している。

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（６３頁）東京大学出版会（Ｋ－Ａｈの分布状況を示す。）

４　阿多カルデラでの噴火（甲全第４４５号証７６～７９頁）

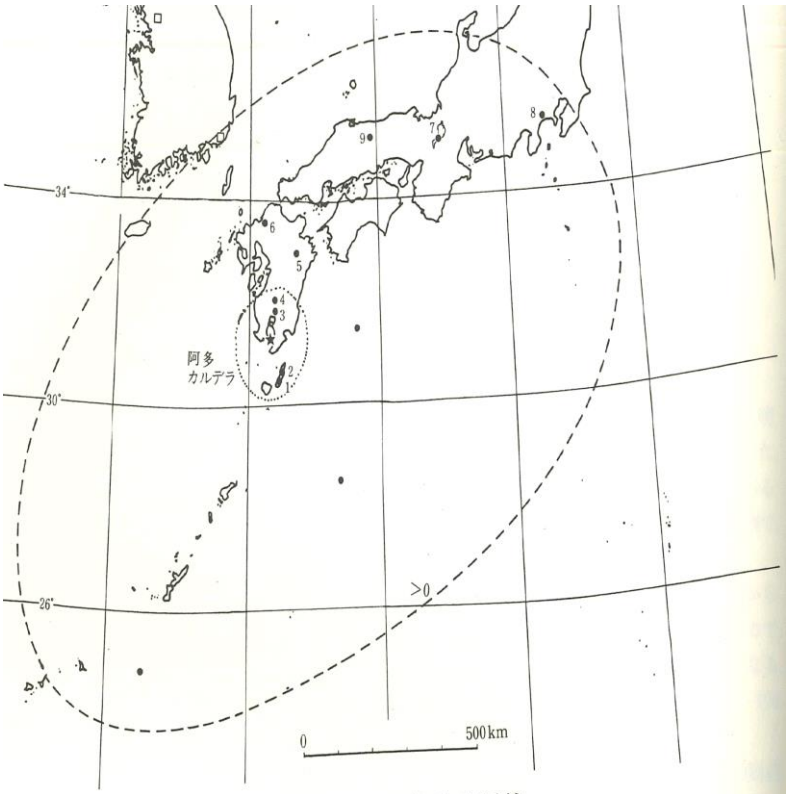


図2.1-14　阿多テフラ（Ata）の主な産出地点と予想される分布域.
点線内は阿多火砕流堆積物［Ata（pfl）］の分布範囲を示す.
模式地：1. 南種子町上中，2. 西之表市住吉，3. 国分市重久，4. えびの市池牟礼，5. 荻町野鹿，6. 福岡市奈多，7. 琵琶湖高島沖，8. 平塚市人増，9. 八束村.

鹿児島湾の入口付近にある阿多カルデラでも約１１万年前に，ＶＥＩ７の破局的噴火（Ａｔａ）が起こり，その時のテフラが被告の原子力発電所周辺にも堆積されている。

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（７７頁）東京大学出版会（Ａｔａの分布状況を

示す。）

５　大山カルデラでの噴火（甲全第４４５号証８３～８５頁）

鳥取県西部の大山カルデラで起きた比較的大きな噴火は約５万５０００年以前の大山倉吉（ＤＫＰ）噴火である。被告の原発周辺で１０センチメートル程度の降灰があったと考えられる。

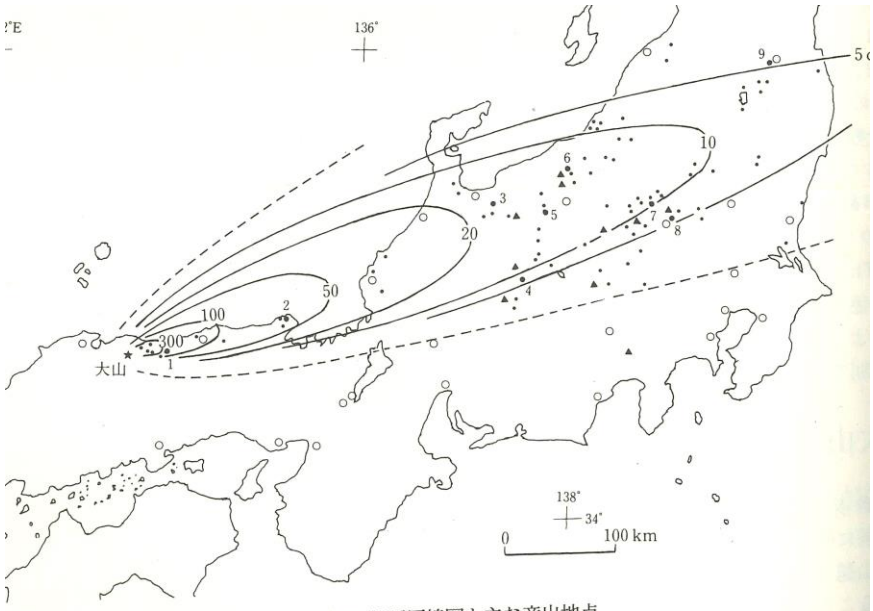


図 2.2-2　大山倉吉テフラ（DKP）の等層厚線図と主な産出地点.
模式地：1. 関金町大山池，2. 丹後町間人，3. 立山町天林，4. 奈川村黒川，5. 大町市居谷里池，6. 妙高町大鹿，7. 高山村中山峠，8. 新里村高泉，9. 福島市佐原町．○印は都府県庁所在地（以下の図でも同様）．［町田・新井（1979），竹本（1991）などより改訂編集］

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（６６頁）東京大学出版会（ＤＫＰの分布状況を示す。）

６　三瓶カルデラでの噴火（甲全第４４５号証８５～８７頁）

島根県中央部の三瓶カルデラでも１１万５０００年前にＶＥＩ６クラスの巨大噴火が発生した（三瓶木次，ＳＫ）。また，約５万年前ころにもＶＥＩ５クラスの大規模な噴火（三瓶池田，ＳＩ）が発生し，その時のテフラが被告の原子力発電所周辺に堆積している。

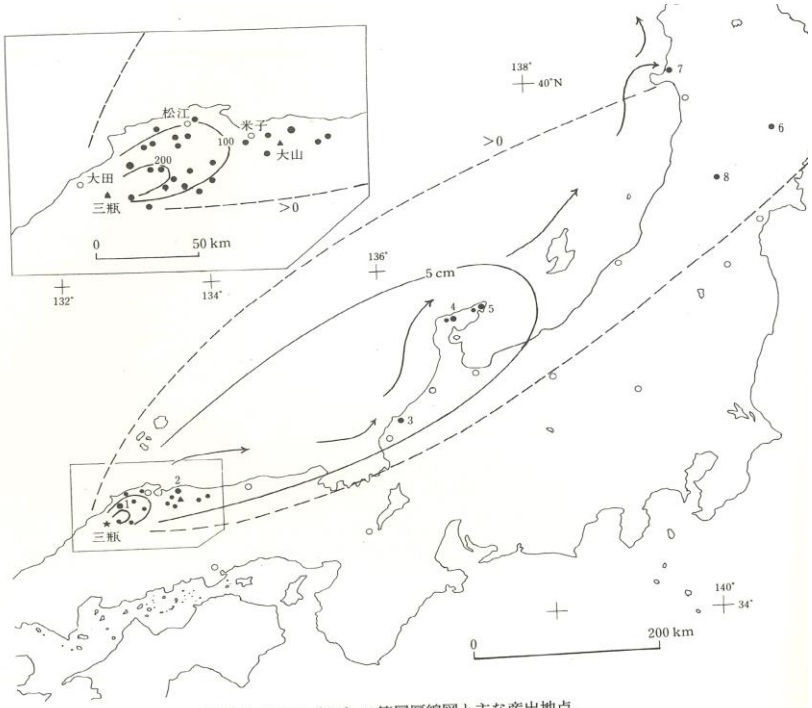


図 2.2-3　三瓶木次テフラ（SK）の等層厚線図と主な産出地点.
矢印は漂着軽石の漂流経路を示す.
模式地：1. 木次町寺領，2. 赤碕町宮本，3. 三国町浜地，4. 輪島市稲舟，5. 珠珠市宇治，6. 胆沢町愛宕，7. 大潟村福米沢（漂着軽石），8. 新庄市芦沢.
［豊蔵ほか（1991），白石ほか（1992）より編集］

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（８６頁）東京大学出版会（ＳＫの分布状況を示す。）

７　鬱陵島カルデラ（甲全第４４５号証８２～８３頁）

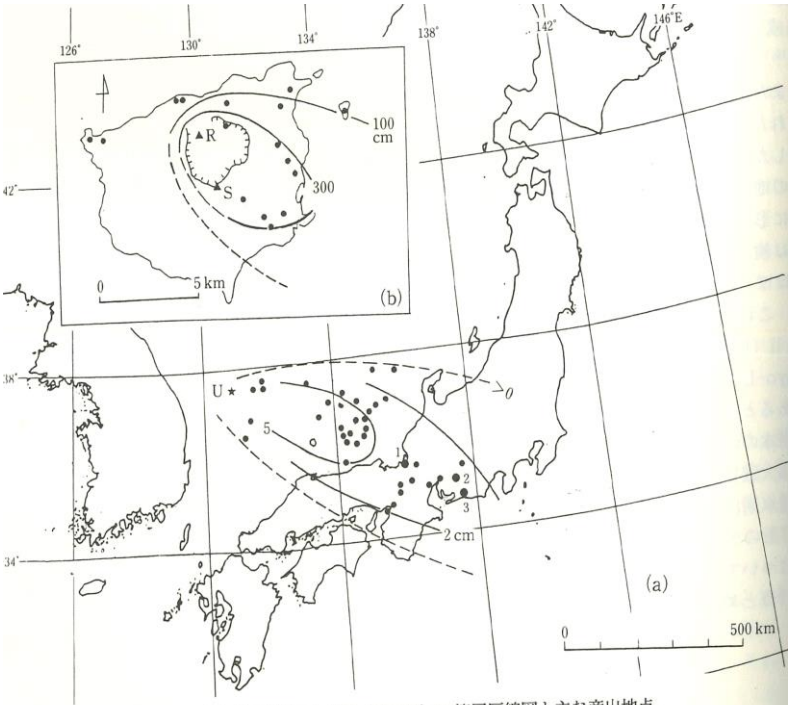


図 2.2-1　(a) 鬱陵隠岐火山灰（U-Oki）の等層厚線図と主な産出地点.
(b) 鬱陵島における U-2 降下軽石の等層厚線図.
U 鬱陵島，S 千人峰，R 卵峰.
模式地：1. 三方町鳥浜，2. 作手村大野原，3. 浜名湖.
［(a) 町田ほか（1981a, 1984a）を改訂，(b) 町田ほか（1984a）を簡略化］

韓国鬱陵島（うつりょうとう）から約１万７００年前にＶＥＩ６クラスの巨大噴火が発生し，そのテフラが被告の原子力発電所周辺に堆積した（Ｕ－Ｏｋｉ）。

左図　『新編火山灰アトラス　日本列島とその周辺』（８２頁）東京大学出版会（Ｕ－Ｏｋｉの分布状況を示す。）

第４　降灰があった場合の影響

１　はじめに

上記において，被告の原子力発電所周辺において降灰によるテフラの堆積があったことを述べた。では，降灰があった時にどのような影響を及ぼすのか。

降灰時の影響を検証したものとして，内閣府に設置された富士山ハザードマップ検討委員会が平成１６年６月に発表した富士山噴火の報告書がある（甲全第４４６号証）。これは，富士山の１７０７年の宝永噴火と同様の噴火が起きたと仮定して作成されたものである。

２　停電

硫化物を含む湿った火山灰は電気を通しやすく，雨水を含むとさらに通しやすくなる。降灰があると電柱や鉄塔などに用いられている碍子の部分で漏電が起きて停電を引き起こす。桜島で降灰があった時には，わずか１センチメートルの降灰で停電が発生している（甲全第４４６号証１３３頁）。また，火山灰の重量で電線が切断される可能性もある。

そうすると，降灰があった時は，外部電源による電気の供給は期待できない。

また，原発には，たくさんの電子機器がありコンピューターで制御しながら運転している。火山灰が電子機器のある場所に侵入すれば故障の原因となる。

３　取水・排水路や取水・排水口の閉塞の問題

大量の火山灰が降ると，冷却用の海水に火山灰が混じり，取水口や給水管が火山灰で詰まってしまう恐れがある。

また，地表に堆積した火山灰は固着することなく不安定であり，雨が降ると雨量が少なくても，また傾斜が緩い土地でも，容易に火山灰と雨水が混ざ

り，火山灰の泥流（「火山泥流」，「ラハール」と呼ばれる。）が発生する。この火山泥流はモルタル・コンクリートのような状態で，倒木や岩塊を押し流す力がある。被告の原子力発電所の敷地の背後に斜面があり，火山泥流が発生しやすい。火山泥流が建物に侵入したり，また取水路や排水路を閉塞させる危険がある。実際，米国のセントヘレンズ火山における１９８０年の噴火で，火山泥流が下流のコロンビア川に流入・堆積したため川底が上昇し，コロンビア川沿いに建てられていたＴｒｏｊａｎ原発の冷却水の取水口から取水できなくなる危険が生じた。

４　腐食の問題

火山灰には酸性物質が含まれるので，腐食を引き起こす。例えば，給水管内に火山灰が入り込み，腐食が発生すればそこから水漏れを起こす可能性がある。

５　健康被害

火山灰は細かい鉱物の破片やガラス片からなり，その粒子には硫酸や塩酸などの酸性物質が付着している。こうした火山灰を吸い込むと，健康被害が生じる。具体的には，鼻やのどに炎症を起こし，長時間吸い込むと珪肺になる可能性もある。また，火山灰が目に入ると角膜を傷つけ，角膜剥離や結膜炎を起こすこともある。

健康被害を防止するために，火山灰が降る中で作業を行う際には防塵マスク・ゴーグルが必要となる。

被告が，どの程度の防塵マスクやゴーグルを用意しているのかは不明であるが，十分な数を用意していないのであれば，作業できる人員も限定され，想定した作業はできなくなる。

６　建物被害

火山灰は細かいガラスや鉱物からなるので，比重が大きく雪の約１０倍の重さになることもあると言われている。さらに降雨により火山灰が水を含む

とその重さは約１．５倍になり，非常に大きな荷重がかかることになる。例えばフィリピンのピナツボ火山の１９９１年の噴火では降雨中に降灰があり，水を含んだ結果，水との比重が１．５以上となることもあった（その密度が１．５ｇ／ｃｍ^{3}以上となったとほぼ同義である。）（Spence et al.,1996）。

被告の原子力発電所内の施設がその荷重に耐えられない可能性がある。

7　交通網の被害（甲全第４４６号証１３３頁）

火山灰は水分を含むとぬかるみ状態になってすべりやすくなる。スリップ事故が多発する状態になり，自動車は通常の速度では運転できなくなる。火山灰が風や自動車によって巻き上げられるとヘッドライトが機能しないほど視界が悪くなることもある。

また，降灰の影響により停電が発生し信号機が使えなくなると道路の機能が麻痺する。

前述の富士山ハザードマップ検討委員会の報告書では，雨が降っていない状態で１日に５センチメートル以上の降灰があると除灰が不可能になって道路が使えなくなるとしている。また，雨が降っている状態で１日に５ミリメートルの降灰があると，道路が通行不能になる可能性がある（有珠山の事例）。

また，降灰中は，視界不良になりヘリコプターなどは使えない。

事故対策の要員を補充しようと思っても陸路空路が使用不可能で要員補充ができなくなることも十分考えられる。

第５　火山灰の影響に関する規制

1　規制基準

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則第６条第１項は「安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」と規定する。そして同規則の解釈第６条第２項

において，「想定される自然現象」の中に敷地の自然環境を基に火山の影響から適用されるものが含まれるとされている。

そして，原子力発電所への火山影響を評価するため，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出，抽出された火山の火山活動に関する個別評価，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価のための方法と確認事項をとりまとめたものとして，平成２５年６月に原子力規制員会において原子力発電所の火山影響評価ガイド（甲全４４４号証，以下「火山ガイド」という。）が策定された。

この火山ガイドでは，火山の影響評価は，立地評価と影響評価の２段階で行うとされている。以下，火山ガイドによる評価の方法を示す。

立地評価は，まず原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い，影響を及ぼし得る火山が抽出された場合には，抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。即ち，設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は，火山活動のモニタリングと火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として，個々の火山事象に対する影響評価を行う。一方，設計対応不可能な火山事象が原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価されない場合は，原子力発電所の立地は不適と考えられる。

次に影響評価では，個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。

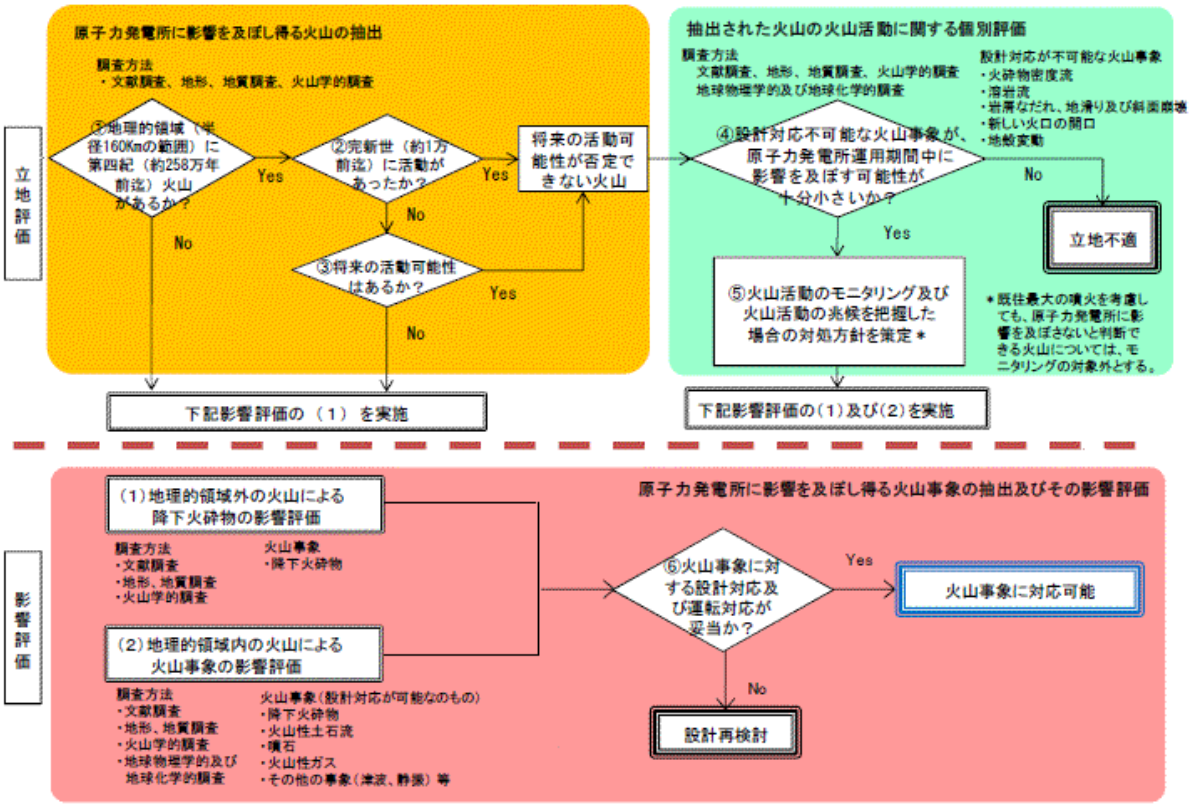


図１　原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

影響評価においては，地理的領域（半径１６０キロメートル）外の火山についても文献調査，地質調査，火山学的調査を行い降下火砕物による影響評価を行う。また，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。

そして，具体的な施設への影響評価の方法については火山ガイドでは以下の通りとされている。

「６．１　降下火砕物

（１）降下火砕物の影響

(a)直接的影響

降下火砕物は，最も広範囲に及ぶ火山事象で，ごくわずかな火山灰の堆積でも，原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある。降下火砕物により，原子力発電所の構造物への静的負荷，粒子の衝突，水循環系の閉塞及びその内部における磨耗，換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的及び化学的影響，並びに原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が挙げられる。

降雨・降雪などの自然現象は，火山灰等堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性がある。火山灰粒子には，化学的腐食や給水の汚染を引き起こす成分（塩素イオン，フッ素イオン，硫化物イオン等）が含まれている。

(b)間接的影響

前述のように，降下火砕物は広範囲に及ぶことから，原子力発電所周辺の社会インフラに影響を及ぼす。この中には，広範囲な送電網の損傷による長期の外部電源喪失や原子力発電所へのアクセス制限事象が発生しうることも考慮する必要がある。

（２）降下火砕物による原子力発電所への影響評価

降下火砕物の影響評価では，降下火砕物の堆積物量，堆積速度，堆積期間及び火山灰等の特性などの設定，並びに降雨等の同時期に想定される気象条件が火山灰等特性に及ぼす影響を考慮し，それらの原子炉施設又はその付属設備への影響を評価し，必要な場合には対策がとられ，求められている安全機能が担保されることを評価する。（解説-16，17，18）

（３）確認事項

(a)直接的影響の確認事項

① 降下火砕物堆積荷重に対して，安全機能を有する構築物，系統及び機器の健全性が維持されること。

② 降下火砕物により，取水設備，原子炉補機冷却海水系統，格納容器ベント設備等の安全上重要な設備が閉塞等によりその機能を喪失しないこと。

③ 外気取入口からの火山灰の侵入により，換気空調系統のフィルタの目詰まり，非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく，加えて中央制御室における居住環境を維持すること。

④ 必要に応じて，原子力発電所内の構築物，系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が取れること。

(b) 間接的影響の確認事項

原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮し，燃料油等の備蓄又は外部からの支援等により，原子炉及び使用済燃料プールの安全性を損なわないように対応が取れること。」

第６　火山灰濃度に関する規制基準の不合理性

１　従来の火山灰の大気中濃度の想定

換気空調系統やディーゼル発電機のフィルタが目詰まりを起こすかどうかは，火山灰の大気中の濃度と関係する。従来の原子力規制員会の審査では各発電所敷地個別の火山灰の大気中濃度の想定は非常に困難であることから，地上における火山灰の大気中濃度として信頼できるデータである既往観測最大のものを用いて審査をしてきた。具体的には，２０１０年のアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生した噴火による観測値から３．２４１㎎/m^3を用いて評価していた。

２　従来の想定に対する批判

⑴　セントヘレンズ山噴火の観測値

しかし，１９８０年に発生した米国セントヘレンズ山噴火（ＶＥＩ５）に際し約１３５キロメートル離れたワシントン州ヤキマ地区で観測されたデータによれば，火山灰濃度（２４時間平均総浮遊粒子状物質濃度）は，３３．４０２㎎／㎥となった。（ただし，採取器がこのような高濃度に対応できる設計ではなかったので，実際はより高い濃度であった可能性がある。）。ヤキマ地区における降灰は５から９ミリメートル程度であったので，その程度の降灰でも３３．４０２㎎／㎥以上という高い濃度になるので,数センチメートルの降灰を想定した場合もっと火山灰濃度は高くなる。

（甲全第４４７号証２６，２７頁の図）

BERNSTEIN, ET AL.

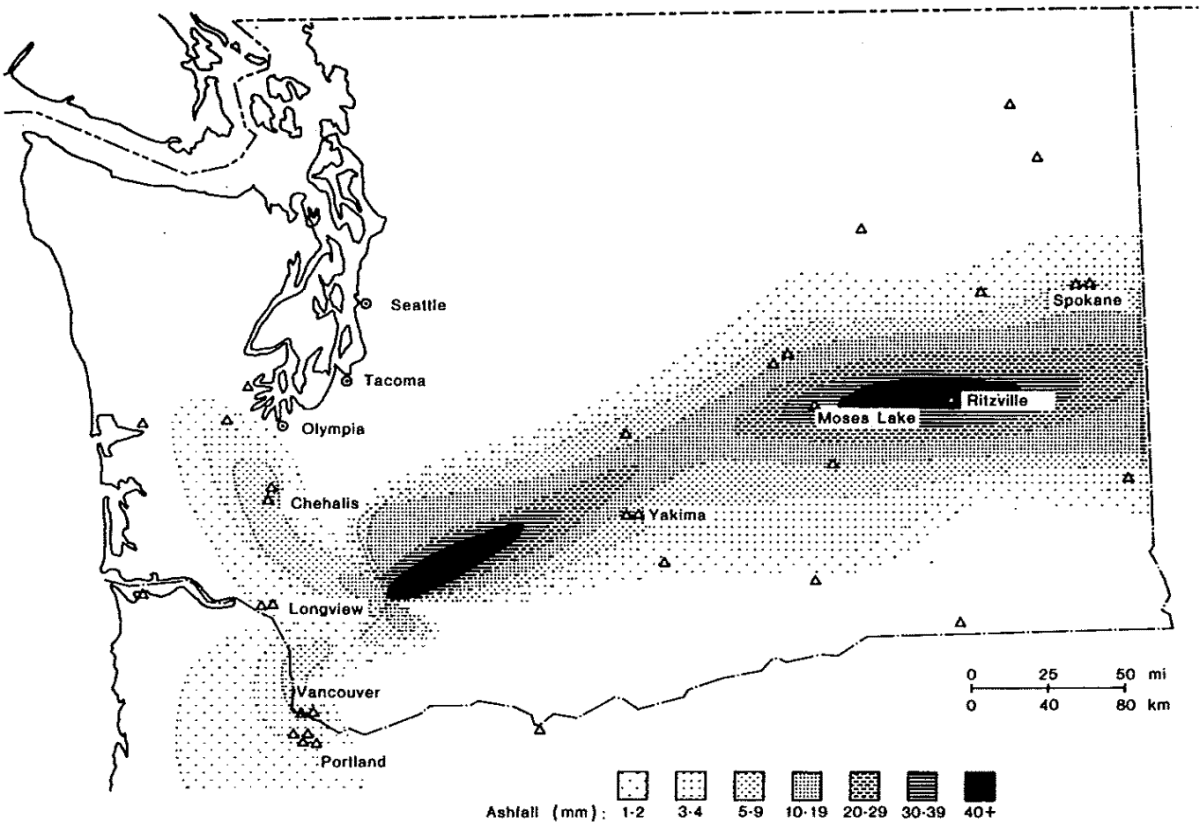


FIGURE 1—Ashfalls after first three major eruptions of Mount St. Helens and locations of Washington and Oregon hospitals under Centers for Disease Control surveillance. Ashfall paths: May 18, 1980, northeasterly affecting Yakima, Ritzville, and Spokane, Washington; May 25, northwesterly affecting Chehalis and Centralia, Washington; June 12, southwesterly affecting Vancouver, Washington and Portland, Oregon.
SOURCE: US Geological Survey professional paper #1250. Reprinted with permission from the *Journal of the American Medical Association.*[26]

TABLE 1—Results of Environmental Protection Agency (EPA) Air Monitoring for Total Suspended Particulates (TSP) Before and After the May 18 Eruption, 24-Hour Average Concentrations (ug/m³), Yakima, Washington, 1980*

Before May 18	On May 18	May 19–May 25	On May 26	May 27–June 11
≤50	33,400	5,600–13,000	250	50–250

*In the early morning of May 26, a prolonged and heavy rainfall occurred in the town of Yakima. Ashfalls from the major eruptions of May 25 and June 13, 1980, were deposited to the west and southwest of Mount St. Helens, respectively (i.e., in the opposite direction from Yakima).[14] (3, 4, 9) The EPA Action Levels for 24-hour average concentrations of TSP, derived from the combustion of fossil fuel pollutants, are: Alert, 375 ug/m³; Warning, 625 ug/m³; Emergency, 875 ug/m³; and Significant Harm, 1000 ug/m³.[25]

⑵　裁判所からの指摘

火山灰濃度が過小評価となっていることは，これまでも，裁判所からも指摘されていた。

例えば，川内原発の運転差止めの仮処分に関する福岡高裁宮崎支部平成２８年４月６日決定では火山灰濃度の評価について少なくとも１０倍以上の過小評価の疑いがあると指摘している。

３　検討チームの設置と専門家からの指摘

このような指摘を受けて，原子力規制委員会も火山灰の大気中の濃度の評価を変更することを検討することにした。そして，平成２９年３月２９日，原子力規制委員会の降下火砕物の影響評価に関する検討チームの第１回会議が開催された。

この検討チームは，原子力規制委員会及び原子力規制庁の担当者によって構成され，第１回の会合ではこの分野に関する専門家として国立研究開発法人産業技術総合研究所の山元孝広総括研究主幹及び国立保健医療科学院の石峯康浩上席主任研究官が出席した。

また，平成２８年４月に出された一般財団法人電力中央研究所の報告の説明として，同研究所の三浦大助上席研究員と土志田潔主任研究員も出席し，そのほか，東京電力や被告の担当者も出席した。その中で，山元氏と石峯氏から次のような指摘があった（甲全第４４８号証）。

⑴　山元孝広氏の指摘

ア　セントヘレンズの濃度について「地上レベルのデータとして信頼できる既往観測最大というセントヘレンズのこのデータが出ていますけど，これが本当に信頼できるとどうして言えるのかというのが，私は非常に前々から疑問に思っています」「多分これは，セントヘレンズの実績からすると，これは全然堆積量を説明できるような濃度ではないはずです。」（甲全第４４８号証１８頁）と指摘し，３３．４０２㎎／㎥という濃度が過小であることを述べている。

イ　「降灰シミュレーションでもＴｅｐｈｒａ２では，火山灰の堆積量を推定することは可能であるが，火山灰の大気中濃度を求めることは不可能であるというふうに言われているんですけども，多分，ちょっと応用すれば，私は可能だと思うんですね。つまり，Ｔｅｐｈｒａ２というのは時間の概念が入っていないから最終結果だけしか出てこないように思われるかもしれませんけども，多分，噴煙柱高度と噴出率というのは，ある一定の相関関係があるわけですよ。どうしても噴煙柱高度を決めてしまえば，それを出すための噴出率というのはおのずと大体これぐらいの範囲というのが決まってくるわけですよね。そうすると，逆に言うと，総量を与えて噴出率もわかっているんだったら，噴火の継続時間というのはおおよその目安として，例えばそれが何時間であるのか，何日かぐらいかは出てくるはずなんですよね」「堆積量と粒子の粒径がわかって時間がわかるんだから，Ｔｅｐｈｒａ２であろうともちょっと応用すれば，大気中濃度がどれぐらいのものなのかの見積りぐらいはできるので，ここで不可能といって諦めることはないと思います。」（１８頁）と述べ，セントヘレンズの観測値の妥当性を検証し適切な濃度を算出することを求めている。

⑵　石峯氏の指摘

石峯氏もセントヘレンズの観測値について「先ほどの山元さんのコメントに関連してなんですけど，33mg ですね，1m^3 当たり。この値って，恐らくＴＳＭという健康被害を考慮した論文からとってきた値じゃないかと思います。非常に細かいほうの粒子に関する粒子濃度ということで，人体の中に影響する場合に関しては，こういった値を使って評価するということをやっていたと。恐らく，セントヘレンズから 100km ぐらい離れたヤキマの観測データなのではないかと思うんですけど，これをそのままこういった原子力発電所のような施設への適用をするというのは，ちょっと私も疑問があります」（甲全第４４８号証１９頁）「降灰量が約 0.8cm で 90％以上が 10μm 以下ということがかなりこの数字，33mg/m^3 の数字の根拠になっていて，ほとんどがそういったその 33μm 程度のが 90％以上ということでカバーされているのでこの数字を使ったということになっているのかなというふうに理解したんですけども，私の理解では，TSP，いわゆる数十μm 以下の粒子の中の 90％が 10μm 以下だったという，たしかそういった論文だったと思うんです。なので，火山灰濃度全体としてはもっと桁で大きかったんじゃないかということを私は思っていた」（２７頁）と指摘している。なお，冒頭の「ＴＳＭ」は「ＴＳＰ」の誤りであると思われる。ＴＳＰは Total Suspended Particles の略で日本語に訳すと総浮遊粒子状物質のことであり，粒子の直径がマイクロメートル程度の非常に細かい物質のことである。

すなわち，セントヘレンズの観測データは，健康被害を及ぼすような細かい粒子に関する濃度のことであり，原子力発電所の安全性を考えるにあたってはそれよりも大きな粒子を含めて濃度を評価する必要があることを述べている。

４　新たな火山灰濃度規制について専門家の指摘が考慮されていないこと

降下火砕物の影響評価に関する検討チームの会合は合計３回開催され，そ

の結果，新たに「気中降下火砕物濃度等の設定，規制上の位置付け及び要求に関する基本的考え方」（案）が策定されたが，前記の山元氏や石峯氏の指摘が考慮されたことはなかった。

第２回の会合では，山元氏が「例えば宝永噴火みたいにちゃんと記録のあるもの等をやってあれば，本当にどういうふうな値なのかというのは検証できることではあるので，その検証したものを使うということがやっぱり一番大事なんだろうと私は思うんです。」「どうもやっぱり前回，中途半端に終わっているところを一歩詰めれば，これはほかでも使えるよというか，できるんだったら，今おっしゃったように，審査で出てくる対象火山についてやればいいじゃないですかと。そんなに私は手間がかかることだとは思わないんですけど。」（甲全第４４９号証２６頁）と指摘しているにも拘わらず，富士山における宝永噴火の記録をもとにした大気中濃度の検証や，各原発の審査で取り上げられた対象火山について検証はされなかった。

第３回の会合では，山元氏や石峯氏の出席がないままで議論が進み，山元氏が指摘するような検証は行われないまま，前記の「気中降下火砕物濃度等の設定，規制上の位置付け及び要求に関する基本的考え方」（案）が策定された。このように，降下火砕物の影響評価に関する検討チームの議論状況を見ていくと，専門家の意見を無視したまま議論が進んでいき原子力規制委員会としての結論が出されている（甲全第４５０号証）。

被告は，原子力規制員会の判断や結論を尊重すべきと主張するが，それは，専門家によって十分な議論がなされた上での結論に合理性があるからである。検討チームの議論状況からしても，専門家により十分な議論を経て結論が出されたとはいえず，その結論に合理性は見いだせない。

5　改定されようとしている火山灰濃度に関する規制基準の不合理性

⑴　火山に関する実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則等の一部改正

現在，火山に関する実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則等の一部改正案がパブリックコメントに付されている（甲全第４５１号証）。その内容の主な点は火山灰濃度に関する規制である。

火山灰濃度（改正案では「気中降下火砕物濃度」としている。）に関しては，①降灰継続時間を仮定して想定される降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法か②数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法のどちらかを採用すれば良いとされている（甲全第４５１号証別紙２－２の１３～１６頁）。

しかし，この改正案は次の点で不合理である。

⑵　①か②のどちらかの手法を採用すれば良いとされていること

新規制基準が安全性を担保する基準であるならば，①と②の両方の手法で火山灰濃度を計算すべきである。どちらか片方で良いとなると，恣意的に火山灰濃度を低くして影響評価ができる危険がある。例えば，①の方法を採用して降灰量を少なく想定すれば火山灰濃度は低くすることができる。後述するが，実際被告は降灰量を少なく想定している。

⑶　経過措置として猶予期間が設けられている

改正案には経過措置として施行日から約１年後までは適用しないとされている（甲全第４５１号証２頁目）。

新規制基準が周辺住民の安全性を担保するための基準であれば，既に許可がおりている原子力発電所にも前記改正案を即時に適用して，基準を満たさない原子力発電所は安全性が担保されていない発電所として，許可を取り消すなり改正案に対する適合性が確認できるまで運転を停止させるべきである。

しかし，原子力規制員会は，経過措置として猶予期間を設けて運転を継続できるようにしている。新規制基準が周辺住民の安全性を担保するための基準ではない。

６　気中降下火砕物濃度（当時の用語では「機能維持評価用参考濃度」）への対応

電気事業連合会が平成２９年６月に提出した，「『機能維持評価用参考濃度』への対応について」（甲全第４５２号証）によれば，被告側で計算した各原子力発電所（設置変更許可決定を受けているものに限る。）の気中降下火砕物濃度及び対応可能な限界濃度等は以下の通りである。

	美浜 ３号 機	高浜 1,2号機	高浜 3,4号機	大飯 3,4号機	伊方 3号機	川内 1,2号機	玄海 3,4号機
設計層厚*1 （cm）	10.0	10.0	10.0	10.0	15.0	15.0	10.0
参考濃度*2 （g/m³）	約1.8	約1.4	約1.4	約1.5	約3.1	約3.3	約3.8
現状の 限界濃度*3 （g/m³）	約1.6	約1.6	約1.8	約1.1	約0.7	約1.0	約0.9

＊１：設置変更許可申請書に記載の値

＊２：降灰時間を24時間と仮定し、設計層厚から試算した機能維持評価用参考濃度
（第2回検討チーム会合「資料3」に基づいた試算値）

＊３：現状設備において（ディーゼル発電機を交互に切換え、フィルタ取替・清掃することによって）
対応可能な限界濃度

（甲全第４５２号証スライド２）

この内，美浜３号機，大飯３，４号機は，気中降下火砕物濃度が現状の限界濃度を超えている。高浜１から４号機は気中降下火砕物濃度が現状の限界濃度を超えていないが，近い値になっている。

後述するが，そもそも上記の表の前提となっている設計層厚が１０センチメートルというのが過小な値であり，適切な設計層厚を想定した場合の気中降下火砕物濃度は上記の気中降下火砕物濃度よりも大きくなるという問題が

存在するが，その過小な値によってもいくつかの発電所では気中降下火砕物濃度は現状の限界濃度を超えているのであるから，実際に火山の噴火があった場合には，その降下火砕物のためにディーゼル発電機の機能維持ができなくなる。その結果，福島第一原発事故のように全交流電源喪失状態になり，発電所から放射性物質が大量放出される。

第７　被告の降下火砕物の想定の不十分さ

本項では，高浜発電所を例として取り上げる。地理的にみて美浜発電所も大飯発電所も降下火砕物の影響という点では高浜発電所とそれほど大きな違いはないと考えられるので高浜発電所での議論を代表させる。

１　被告の想定

被告の降下火砕物の影響評価を含む火山影響評価は原子力規制委員会に提出した資料（「高浜発電所火山影響評価について」甲Ｂ第４１号証参照）によれば次の通りである。

⑴　立地評価

被告は，地理的領域内（発電所から半径１６０キロメートル以内）にある第４紀火山を２５火山抽出し，その内将来活動可能性が否定できない火山として７火山（白山，倉吉，扇ノ山，美方火山群，神鍋火山群，上野火山群，経ヶ岳）について個別評価を行った。

個別評価では火砕物密度流，新しい火口の開口，地殻変動について検討し，いずれも問題ないとした。

⑵　影響評価

ア　被告は，安全性に影響を与える可能性がある火山事象として降下火砕物を抽出し，敷地及び周辺の地質調査結果に基づき評価を実施した。

被告は，まず噴出源が同定できる降下火砕物と同定できない降下火砕物に分け，噴出源が同定できる降下火砕物として「新編火山灰アトラス」

から姶良Ｔｎテフラ（記号としてはＡＴと表記される。），大山倉吉テフラ（記号ではＤＫＰと表記される。），恵比須峠福田を取り上げ，姶良カルデラ，大山，恵比須峠福田の噴火の可能性の検討を行った。また，噴出源が同定できない降下火砕物として文献調査の結果，ＮＥＸＣＯ８０を抽出して検討した。このうち，姶良カルデラと大山の噴火の可能性の結果は次の通りである。

(ｱ) 姶良カルデラ噴火の可能性（スライド１３～１５，５６～５９）

被告は，カルデラ噴火には一定の活動間隔（約６万年以上）があることを前提として，直近のカルデラ噴火が約３万年前であったので，次のカルデラ噴火までは十分時間的な間隔があることやＮａｇａｏｋａ（１９８８）の噴火ステージ論では後カルデラ火山噴火ステージにあることを根拠に，カルデラ噴火までには十分な時間的余裕があるので，発電所運用期間に姶良カルデラでカルデラ噴火が起きる可能性は十分低いと評価した。すなわち，姶良カルデラでの噴火を前提とした降下火砕物の影響評価をする必要はないとしたのである。

(ｲ) 大山の噴火可能性（スライド１６～１９，６０～７７）

被告は，大山の噴火についても姶良カルデラと同様の論理でカルデラ噴火が起きる可能性は十分低いと評価した。

大山では，１００万年前頃から火山活動を開始し，６０万年前から４０万年前にかけて大規模な噴火が１回ないし複数回発生し，その結果溝口凝灰角礫岩が約５０立方キロメートル噴出・堆積した。その後，噴出量が５立方キロメートル未満の噴火が複数回発生し，約５万５０００年前に噴出量が約２０立方キロメートルの大規模な噴火があった（大山倉吉軽石（ＤＫＰ））。そうすると，大規模な噴火（カルデラ噴火）は約３０万年以上の周期で発生するのであり，現在は前回の大規模な噴火（ＤＫＰ噴火）から５万５０００年しか経過していない。

また，大山の地下構造を検討した結果，珪長質マグマの浮力中立点の深度７キロメートルより深い位置に低速度層（マグマ溜り）がある。そこで，発電所運用期間に大山で大規模な噴火が起きる可能性は十分低いと評価し，数立方キロメートル以下の規模の噴火が起きた場合の降下火砕物の影響評価をすることとした。

具体的な噴出量の算出にあたっては，数立方キロメートル以下の噴火の中で最大の規模は５立方キロメートルであったので，噴火の際の噴出量を５立方キロメートルとした。

降下火砕物の影響評価にあたっては，噴煙柱高度，噴出標高，風速（１２月），風向，粒径のパラメータ，軽石及び岩石の密度について基本ケースの値を設けて１平方メートル当たりの堆積重量と層厚を求めた。さらに噴煙柱高度，風速，軽石及び岩石密度については基本ケースの値以外に別の値を設定して個別に堆積重量と層厚を求めた。その結果，基本ケースでは堆積重量は１平方メートル当たり９３キログラム，層厚は７．９センチメートルとなった。堆積重量が最も重くなったのは噴煙柱高度を１８キロメートルとした場合（セントヘレンズの噴煙柱高度）の１平方メートル当たり９９キログラムであり（ケース５），層厚が最も厚くなったのは，風速を平均に標準偏差を加えた場合（ケース１）で８．２センチメートルとなった。

大山の降下火砕物の検討条件（不確かさ）

平成26年2月5日
第78回審査会合資料2-3

72

項目	基本ケース	不確さケース						根拠
		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	
噴出量	5.0km^3	基本	基本	基本	基本	基本	基本	35
噴煙柱高度	25,000m	基本	33,000m	基本	基本	18,000m	基本	36
噴出標高	1,729m	基本	基本	基本	基本	基本	基本	大山の最高峰
風速	平均	平均 ＋ 標準偏差	基本	基本	平均 － 標準偏差	基本	基本	37 ～ 38
風向	最頻値	基本	基本	基本	基本	基本	基本	
粒径のパラメータ（mm）	・最大粒径 1/2^{-10} ・最小粒径 1/2^{10} ・中央粒径 1/2$^{4.5}$ ・標準偏差 1/2$^{3.5}$	基本	基本	基本	基本	基本	基本	39
軽石密度	1.0kg/m3	基本	基本	1.0kg/m3	基本	基本	2.6kg/m3	39
岩石密度	2.6kg/m3	基本	基本		基本	基本		39

※）不確かさケースは、高浜発電所で最も堆積量及び層厚が大きい12月で実施した

（甲Ｂ第４１号証スライド７２）

その結果を踏まえて，発電所における最大層厚を１０センチメートルとした。

イ　施設への影響評価（甲Ｂ第４２号証）

次に被告は，最大層厚を１０センチメートルとした場合の施設への直接的影響及び間接的影響の評価を行った。

直接的影響評価の中で，裕度が少ないものをあげる。まず，復水タンクの屋根板の荷重評価で，火山灰堆積量を１０センチメートル（１立方センチメートル当たりの重量を１．５グラムとして計算），積雪堆積量を８７センチメートル（１立方センチメートル当たりの重量を０．３グラムとして計算）として荷重評価を行った。その結果，屋根板にかかる応力を一次膜応力（外力によって平均的に断面にかかる応力）と一次曲げ応力（モーメントによって断面内で引っ張りから圧縮に変化する応力）

を足し合わせた時の裕度は１．３となった（１８頁）。

また，緊急時対策所（高浜１，２号機　原子炉補助建屋）の屋根スラブ（屋根の水平部分の構造体）における堆積荷重は４１１０Ｎ／㎡で許容堆積荷重が６１２５Ｎ／㎡で裕度は１．４となる（４１頁）。

さらに，平成２５年１２月２０日時点では，火山灰の大気中の濃度を３２４１μg／㎥（アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河噴火の際のヘイマランド地区で観測された濃度）として，非常用ディーゼル発電機の吸気フィルタの閉塞時間を約２８時間と評価した。

その結果，降下火砕物により施設の安全性を損なうことはないとした。

２　被告の想定が不十分であること①－噴出量

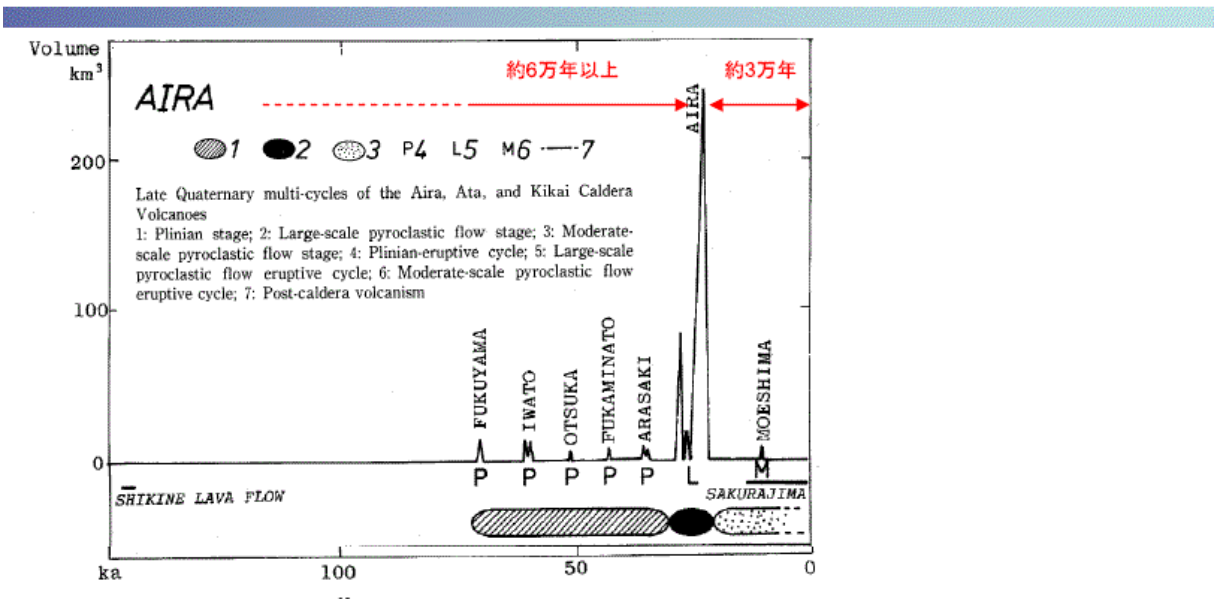
⑴　姶良カルデラ

ア　発生間隔論

被告は，姶良カルデラについて，カルデラ噴火には一定の発生間隔（約６万年以上）があることを前提として，直近のカルデラ噴火が約３万年前であったので，次のカルデラ噴火までは十分時間的な間隔があるとする。

平成25年12月11日
第58回審査会合資料1-1修正

58



（甲Ｂ第４１号証スライド５８）

しかし，被告が作成した資料上記の図を見てもＶＥＩ７クラス（噴出量１００～１０００立方キロメートルのカルデラ噴火）のカルデラ噴火に周期性があることはわからない。周期性が認められるには，ＶＥＩ７クラスの噴火が複数回発生して，その発生間隔が一定していることが必要であるが，そのことは被告が提出した資料を見てもわからない。

鹿児島県内において川内原発を所有する訴外九州電力株式会社も同原発の再稼働差し止めを求める裁判や新規制基準への適合性審査会合において平均的噴火発生期間の考え方を主張していたが，火山学者から強い非難を浴びている。

例えば，「平均噴火発生間隔の数値を用いて次期カルデラ噴火の切迫度を見積もるには適切な噴火発生モデルを想定する必要があるが，そのようなモデルを提示することなく，特定のカルデラ火山の最終噴火からの経年が平均発生間隔より短いから，次の噴火まで余裕があるという九州電力の主張は合理的でない。適切な噴火発生モデルを提示できない段階で切迫度を検討するとしたら，平均発生間隔に依拠することなく，カルデラ噴火が複数回発生した阿蘇山では最短間隔が２万年であることを考慮すべきである。すなわち，最終噴火から２万年を経過したカルデラ火山は既に再噴火の可能性がある時期に到達したと考えるべきであろう。」（藤井敏嗣　山梨県富士山科学研究所所長，火山噴火予知連絡会会長（当時））（甲全第４５３号証５７７頁）。このような批判は，被告のカルデラ噴火の発生間隔に関する主張についても当てはまる。

発生間隔を根拠にして，姶良カルデラにおけるカルデラ噴火を考慮しなくても良いとする，被告の主張は誤りである。

イ　噴火ステージ論

被告は，姶良カルデラは，Ｎａｇａｏｋａ（１９８８）の噴火ステージ論では後カルデラ火山噴火ステージにあることを同カルデラのカルデ

ラ噴火を考慮しなくても良いとする主張の根拠としている。

しかし，この噴火ステージ論は噴火史上のパターン認識に基づいた仮説であり，実際のマグマだまり内で生じる物理・化学過程に基づいた立証がなされている訳ではない（甲全第４５４号証１８９頁）。

また，カルデラ噴火の前に数万年にわたってプリニー式噴火が繰り返されるという事例は，反例も多い。噴火ステージ論は仮説の域を出ない考え方であって原子力発電所の安全性という慎重な判断が必要な問題を考えるにあたって前提としてよい考え方ではない。

ウ　周辺のボーリング調査ではＡＴの層厚が３０センチメートルである

被告が所有する原子力発電所の近くにある三方湖周辺で行われたＮＥＸＣＯのボーリング調査ではＡＴの層厚は３０センチメートルとなっている（甲Ｂ第４１号証スライド２８）。

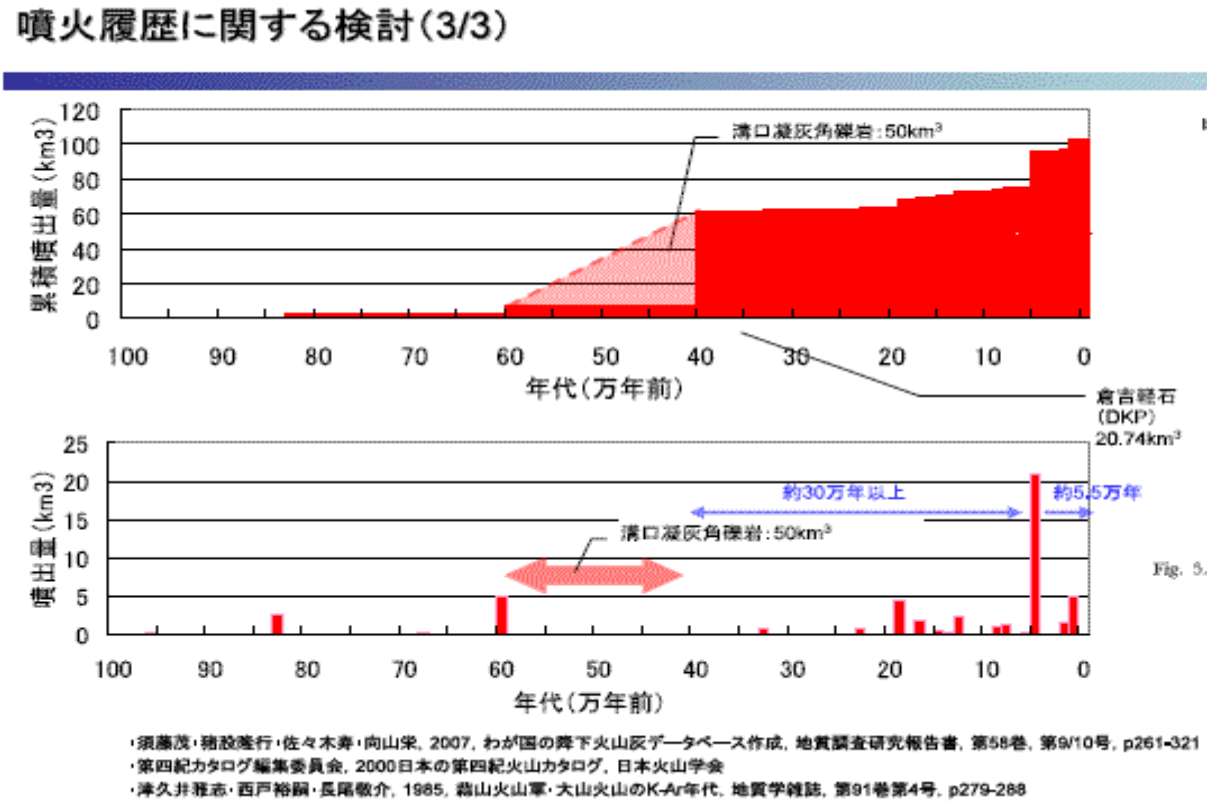
ところで，火山影響評価ガイドの６によれば「降下火砕物に関しては，火山抽出の結果にかかわらず，原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。なお，敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物で，噴出源が同定でき，その噴出源が将来噴火する可能性が否定できる場合は考慮対象から除外する。」とある（なお，ここでは，発電所の運転期間中における噴火の可能性を問題としていない。）。

そうすると，先ほどのＮＥＸＣＯの調査で確認されたＡＴは敷地周辺で確認された降下火砕物であり，かつ噴出源が同定されているもののその噴出源（姶良カルデラ）が将来噴火する可能性を否定できる場合でないから，同等の火砕物が降下するものとしなければならない。つまり，火山影響評価ガイドに従えば，降灰量として３０センチメートルの層厚を想定しなければならないはずである。

⑵　大山火山の噴火

ア　発生間隔論

ここでも，被告は姶良カルデラと同様の発生間隔論を用いて発電所の運転期間中に大規模な噴火はないとしている。

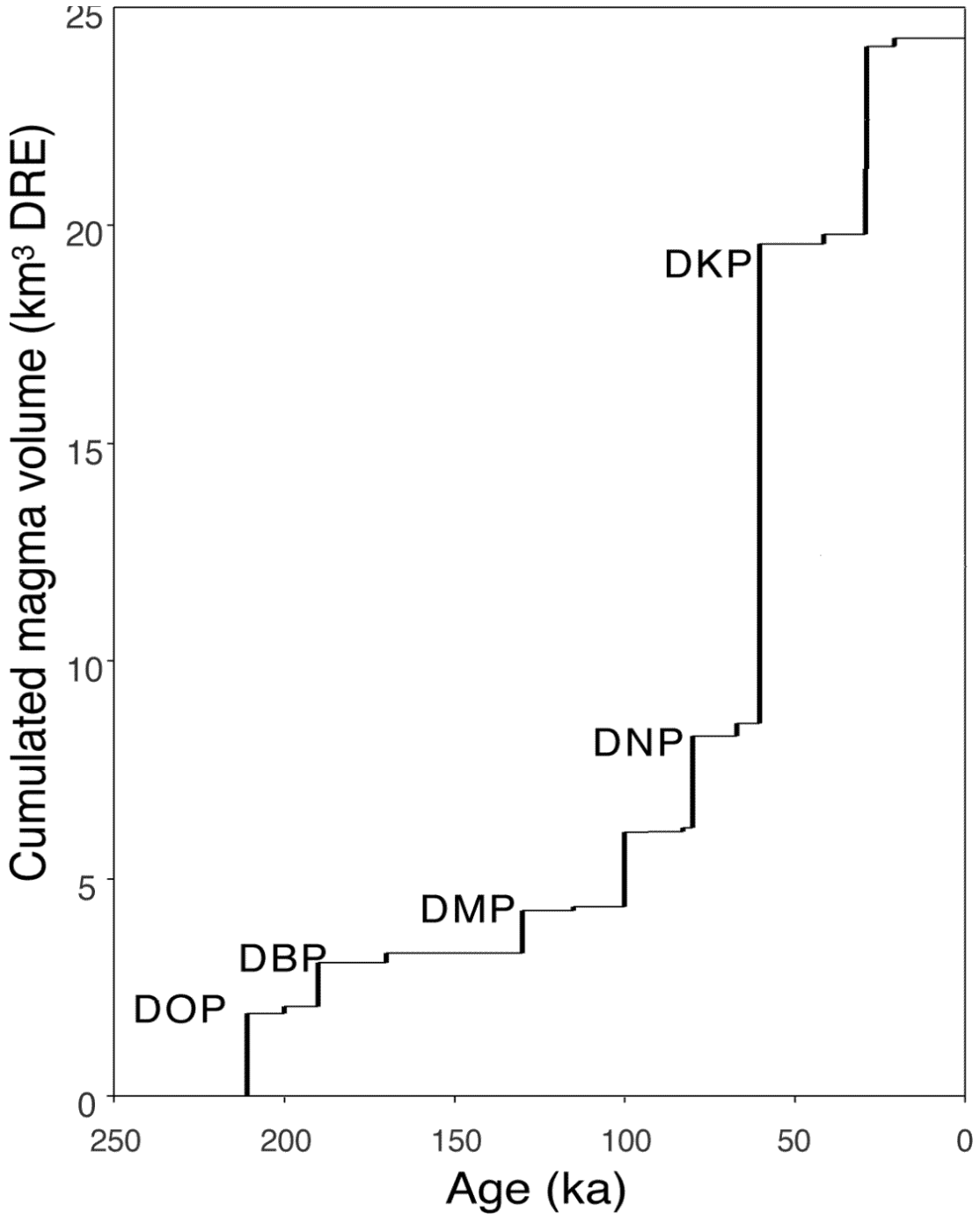


（甲Ｂ第４１号証スライド６４）

しかし，最近の研究で被告が前提とするデータ及び被告の考え方の誤りを指摘した山元孝広氏の論文がある（大山火山噴火履歴の再検討　甲全第４５５号証）。

この論文の要旨は，大山火山の既存の研究では層序学的な問題や評価手法上の問題が残されているので，噴火履歴を定量的に見直したところ，１０万年前頃からマグマ噴出率が大きくなる傾向が認められ，その中で大山倉吉噴火（ＤＫＰ）が発生したと見ることができるというものである。

すなわち，ＤＫＰ噴火は連続性のない特異な規模の噴火ではないというものである。



（甲全第４５５号証１４頁の図）

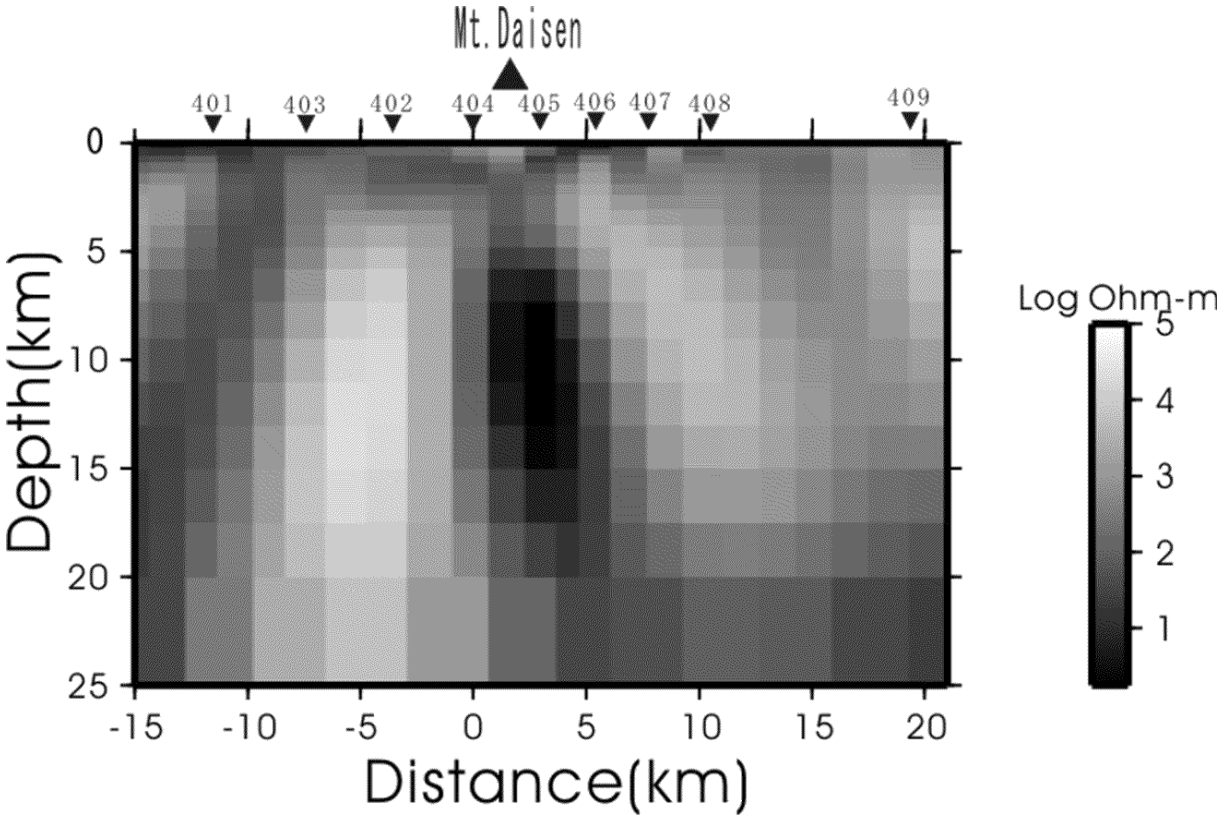
そうすると，ＤＫＰ噴火と同程度ないしそれ以上の噴出量を想定して影響評価をすべきである。

イ　地下構造について

被告は，地下構造を検討した結果，マグマ溜りは２０キロメートルよ

りも深いところにあるので，大規模な噴火を引き起こす可能性を考慮する必要がないとする。

しかし，『中国地方の第四紀火山の深部比抵抗構造に関する研究』（鳥取大学工学部　塩崎一郎・宇都智史，京都大学防災研究所　大志万直人，火山噴火予知研究推進センター　鍵山恒臣，甲全第４５６号証）によれば，大山直下にマグマ溜りが存在する可能性があるとされている。



（４頁の図６）

この，研究の目的は「地球内部を構成する岩石の電気的性質を表す物理量として電気比抵抗（電気伝導度の逆数）があります。岩石の電気比抵抗は，水や伝導性鉱物の存在，部分溶融層の存在，等により強く影響を受けます。従って，地球内部の電気比抵抗分布を調べることにより，調査対象地域の地下構造やその状態に関する情報を得ることができます。本研究では，この比抵抗に着目して中国地方の数少ない第四紀火山

の一つである大山火山の深部構造を解明すること」（２頁）にある。

そして，結論として「本研究を通して，大山火山を取り囲む地域では表層近くから高比抵抗ブロックがみられること，大山火山直下では，上部地殻にある程度の規模を持つ低比抵抗領域が存在することが示されました」「大山火山直下の低比抵抗領域の正体は何でしょうか？大山火山との位置関係や深さからみて，大山火山を形成したマグマ活動に関連するものであることは確かです。マグマあるいはその名残と考えることが妥当でしょうか？それとも，地殻内流体を示すものでしょうか？それらの両者でしょうか？」（６，７頁）としている。すなわち，マグマ活動に関連するものであることは間違いなく，マグマである可能性もあるとしているのである。

また，被告は，珪長質マグマの浮力中立点の深度７キロメートルより深い位置にマグマ溜りがないとし，浮力中立点付近にマグマ溜りがない場合には（大規模な）噴火は起きないということを前提としている。

しかし，マグマ溜りの深さが７キロメートルより深い場合に大規模な噴火が起こらないという普遍的法則はない。被告が作成した資料（甲Ｂ第４１号証スライド５９）によっても浮力中立点より深い位置にマグマ溜りがある場合でも大規模な噴火が発生していることが読み取れる。

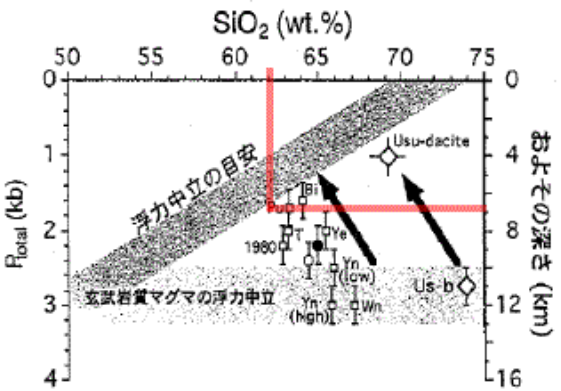


図1　姶良カルデラの水平変位ベクトル図
（井口ほか(2011)）

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Pinatubo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)）

（甲Ｂ第４１号証スライド５９の図３）

また，現在の技術では地下にたまっているマグマが珪長質か玄武岩質かを精度よく見分けることはできないし，マグマの蓄積量を推定することもできない。またマグマ溜りの深さについて，現在の技術では多くの観測誤差を含むとされ，地震圧力計では１００Ｍｐａの圧力程度の精度しかなく，±４キロメートルという大きな推定誤差を伴う。そうすると，原子力発電所の安全性という慎重な判断を要する事項について，地下構造から大規模な噴火は起こらないと断定するのは誤りである。

ウ　大山噴火について適切な規模を想定した場合の影響

前述の通り，大山が噴火した場合の規模について，少なくともＤＫＰ噴火と同程度かそれ以上の規模を想定すべきである。ＤＫＰ噴火の降灰予測を行った研究があるので，これに基づく主張を行う。

その研究は，２０１６年に発表された山元孝広氏の「大山倉吉テフラの降灰シミュレーション」（甲全第４５７号証）である。

同氏はＴｅｐｈｒａ２と呼ばれる降灰シミュレーションソフトを用いて再現計算を行い，このうちＤＫＰテフラの堆積厚や粒度分布と整合性の高いケースを６つ抽出して評価した。同氏は評価のまとめとして「400 ケースの Tephra2 による再現計算を実施し，DKP の堆積厚や粒度分布が最も類似しているケースを，最適再現計算ケースとして抽出した，その結果，実績に整合する DKP 噴煙柱パラメータとして，以下の値を算出した。

マグマ噴出量推定値：4E13 kg～8E13 kg（注４０～８０立方キロメートル）

噴煙柱高度推定値：18,000m～20,000m

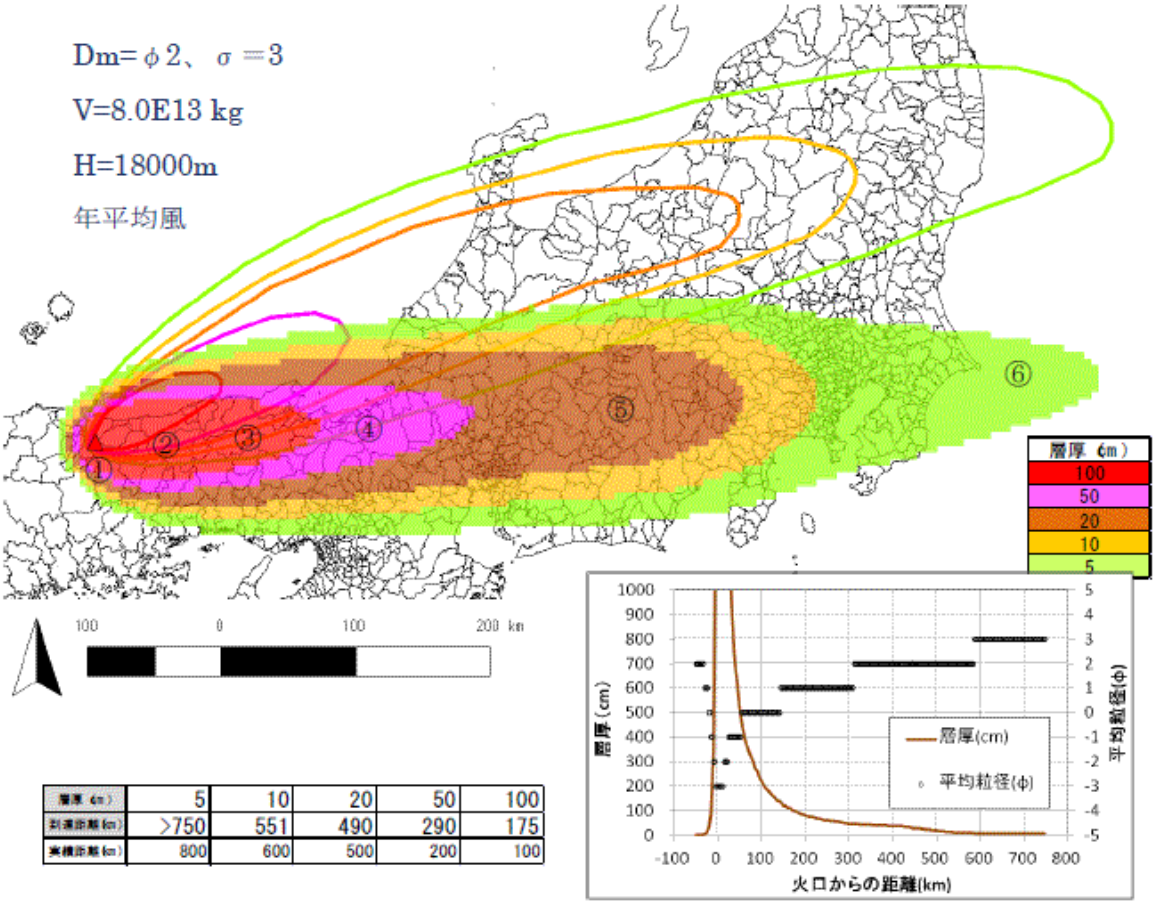
いずれのケースも完全に火山灰の分布と一致するものではなく，おおよその傾向を説明するものではあるが，この手法による逆解析では十分な値であろう。一致しない理由については，噴火時の風力風速データが

一様であったとする仮定が成立したかどうか不明であることがまず指摘できる。また，火山灰の全粒度分布を対数正規分布としたのは全くの仮定であり，実際の噴火がそうであったとする根拠はないことも問題である。しかしながら，今回得られたパラメータのうち，マグマ噴出量については従来の低めの見積り（町田・新井，1979）では説明不可能で，4E13 kg（40 km^3）以上であったことは確実となった。」（４５頁）としている。

被告は，噴出量について５立方キロメートルとしており，山元氏のシミュレーションの８分の１以下である。

さらに層厚について，被告の発電所に最も多い火山灰をもたらすケースでは２０～５０センチメートルの範囲に入っており（３３頁　下図），１０センチメートルという被告の層厚設定は明らかに過小である。

D13V4 H5



層厚（cm）	5	10	20	50	100
到達距離(km)	>750	551	490	290	175
実績距離(km)	800	600	500	200	100

⑶　鬼界カルデラや阿蘇カルデラ等におけるカルデラ噴火を考慮していないこと

被告は，九州のカルデラ噴火について，姶良カルデラのみを考慮し，鬼界カルデラ，阿蘇カルデラ，三瓶カルデラ，鬱陵島カルデラ等のカルデラ噴火による降下火砕物の影響評価をしていない。

しかし，冒頭に述べた通り，姶良カルデラ以外にも鬼界カルデラ，阿蘇カルデラ，三瓶カルデラ，鬱陵島カルデラの噴火に由来するテフラが被告の所有する原子力発電所周辺にも到達したことは明らかである。例えば，被告の原発周辺（中山湿地，水月湖（ＳＧ），三方湖（ＭＫ），三方湖周辺でネクスコが行ったもの（ＮＥＸＣＯ））で行われたボーリング調査でも鬼界アカホヤテフラ（Ｋ－Ａｈ），阿蘇４テフラ（Ａｓｏ－４），阿多テフラ（Ａｔａ）が確認されており，そのことは被告が作成した資料（甲Ｂ第４１号証スライド２３～２５）にも載っているにも拘わらず，被告はこれらのカルデラが噴火した場合の影響評価を行っていない。

さらに，阿蘇カルデラや鬼界カルデラ等の影響評価を行わなかったことの妥当性について原子力規制員会の適合性審査で議論された記録はない。

被告は，ＡＴ以外の層厚が１０センチメートル以下なので評価を行わなかったようであるが，火山灰は降灰後の圧密作用や流水による作用で地中のテフラの層厚が噴火直後の層厚よりも薄くなっている可能性は十分にある（甲全第４４５号証８頁）。また，噴火時の風向の関係（火山と原子力発電所を結んだ軸からずれて風が吹いている場合）で火山灰の層厚が薄くなっているだけで，原子力発電所に最も影響を与える風向（火山から原子力発電所の方向に風が吹いている場合）を設定した場合に層厚が１０センチメートル以上になることも十分に考えられる。そうすると１０センチメートルという堆積層厚に拘らずにＡＴ以外の火山灰についても影響評価す

べきである。また，敷地内及び敷地周辺の火山灰が１０センチメートル（設定層厚）以下であれば評価しなくても良いとする火山影響評価ガイド上の根拠も見いだせない。

３　被告の想定が不十分であること①－不確かさの考慮

被告は，基本ケースに加え，基本ケースのパラメータのうち噴煙柱高度，風速，密度について値を変えて各別に計算し，そのことをもって不確かさを考慮したとする。

しかし，安全性を考えて不確かさを考慮するのであれば，噴煙柱高度，風速，密度について最も厳しい数値を重ね合わせて評価すべきである。具体的には，噴煙柱高度について計算して層厚を求めるべきである。

４　層厚を５０センチメートルとした場合の施設への影響

山元氏の「大山倉吉テフラの降灰シミュレーション」をもとに被告の発電所の降下火砕物の層厚を５０センチメートルとした場合の施設への影響を検討する。

⑴　荷重（許容値を超える可能性，密度を過小評価している可能性）

まず，降下火砕物による荷重は単純に５倍となる。荷重に対する裕度の少ない施設については火山灰の荷重により構造物が壊れる。

例えば，緊急時対策所（高浜１，２号機　原子炉補助建屋）の屋根スラブ（屋根の水平部分の構造体）の許容堆積荷重は６１２５Ｎ／㎡であるが（甲Ｂ第４２号証４１頁），層厚を５０センチメートルとした場合には，降下火砕物だけでも堆積荷重は７５００Ｎ／㎡で積雪による荷重も合わせると１万０１１０Ｎ／㎡となり許容値をはるかに超え，緊急時対策所はつぶれることになる。なお，積雪による荷重も考慮した場合，降下火砕物の層厚２５センチメートル程度で許容値を超える計算になる。

ほかにも荷重に対する裕度が少ない構造物（例：復水タンク屋根板）は，５０センチメートル程度の降灰があったときには次々につぶれていくであ

ろう。

また，被告は，火山灰の密度を１．５ｇ／ｃｍ^3（湿潤状態）として評価しているが，前記の通りピナツボ火山の際には，この値を超える密度が計測されており，過小評価となっている疑いがある。

⑵　ディーゼル発電機のフィルター目詰まり

層厚が厚くなれば，前記の気中降下火砕物濃度も高くなる。層厚を１０センチメートルとした場合でも気中降下火砕物濃度（参考濃度）が現在のディーゼル発電機の機能維持できる限界濃度を超えるか，わずかに超えないのであるから，層厚を５０センチメートルとした場合の気中降下火砕物濃度（参考濃度）は，限界濃度を大幅に上回り，ディーゼル発電機の機能維持ができなくなる。

⑶　火山泥流による取水・排水路（ロ）の閉塞，建物への影響

高浜発電所は，北東と南西方向にある山に挟まれたいわば谷底に立地しており，火山泥流の影響を受けることが予測される。そして，敷地に隣接する斜面地から発生する火山泥流により，敷地内の取水・排水路（ロ）が閉塞する危険や建物に火山泥流が侵入する危険があるが，被告がこの点に関して適切に評価したか不明である。少なくとも，甲Ｂ第４２号証を見る限り，火山泥流による影響評価をした形跡は見当たらない。

⑷　小括

上記述べた通り，被告の火山灰（降下火砕物）の影響評価は過小であり，また不合理な点も存在する。また，被告は山元氏の前記の論文等を踏まえて火山灰や火山泥流による影響を再評価すべきである。

以　上