

**東海第二原発差止訴訟
火山事象に関する口頭説明
～火山現象の基礎知識と
気中火山灰濃度に関する不合理性～**

2019.10.7 Mon

水戸地方裁判所

弁護士 海 渡 雄 一

弁護士 中 野 宏 典

- 1 火山事象の基礎知識（海渡）**
- 2 火山事象と司法審査（省略）**
- 3 基準の不合理性（中野）**
- 4 基準適合判断（評価）の不合理性（中野）**



2018年のクラカタウ火山の小爆発

1 火山事象の基礎知識

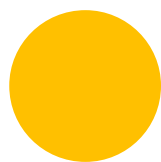
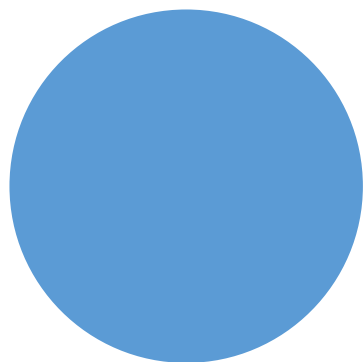
～何が起こり、原発にどのような影響が生じるか～

(1)世界有数の火山大国・日本

(2)世界の歴史と火山災害

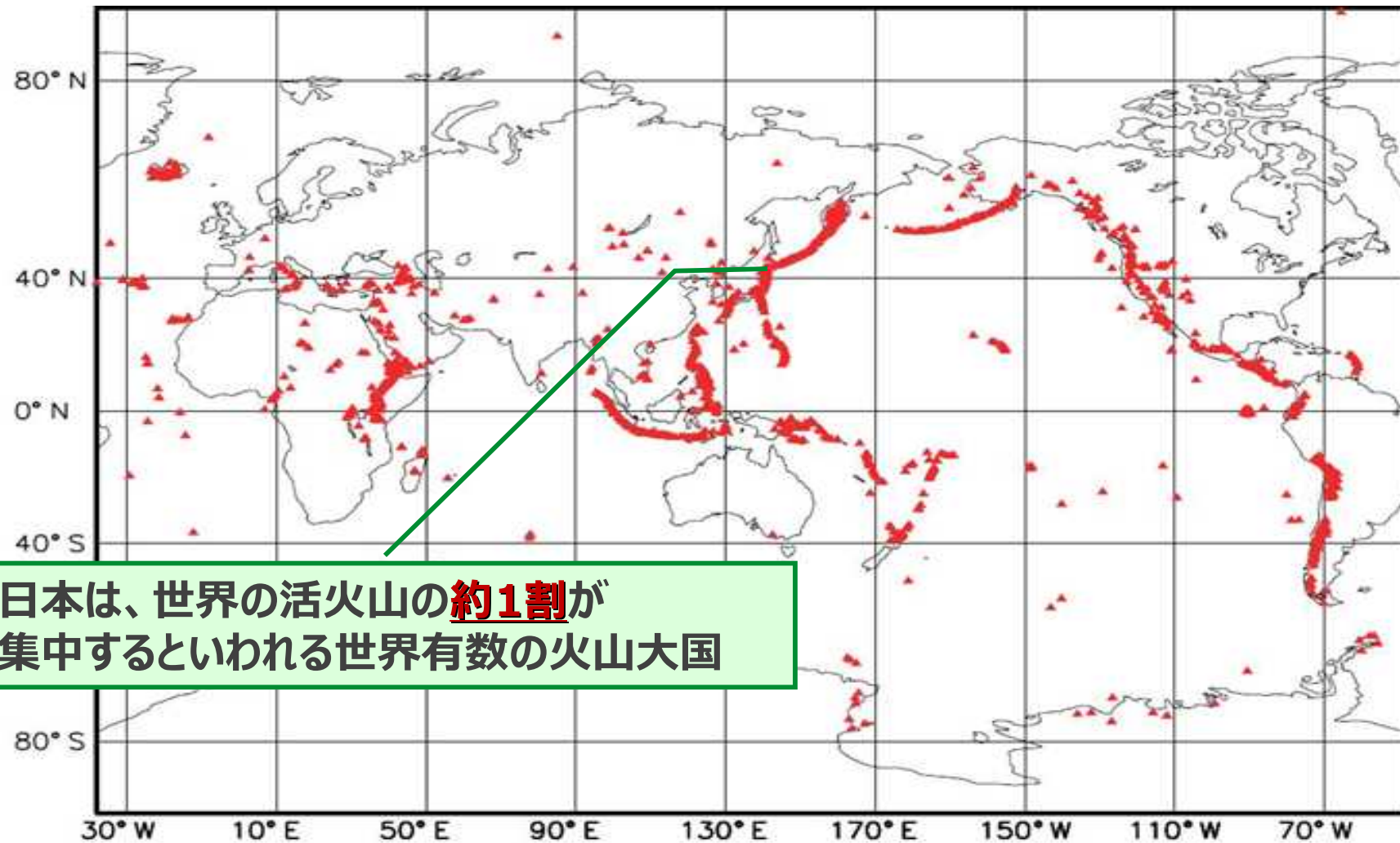
(3)降下火砕物に関する前提知識

(4)火山事象に対する法規制



(1)世界有数の 火山大国・日本

日本は火山列島-プレート境界と火山 (準63 p9)



マグマが噴出する場所

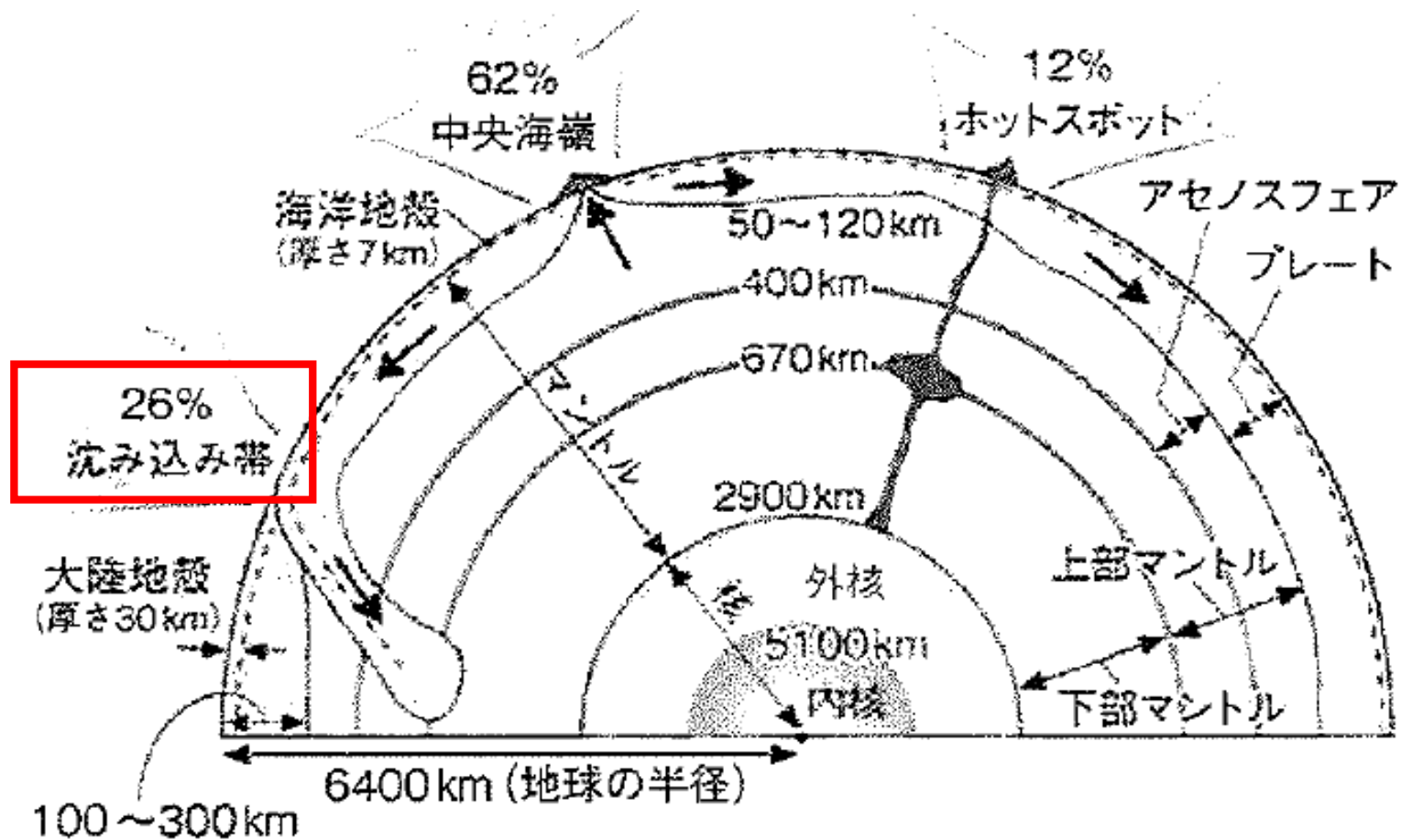
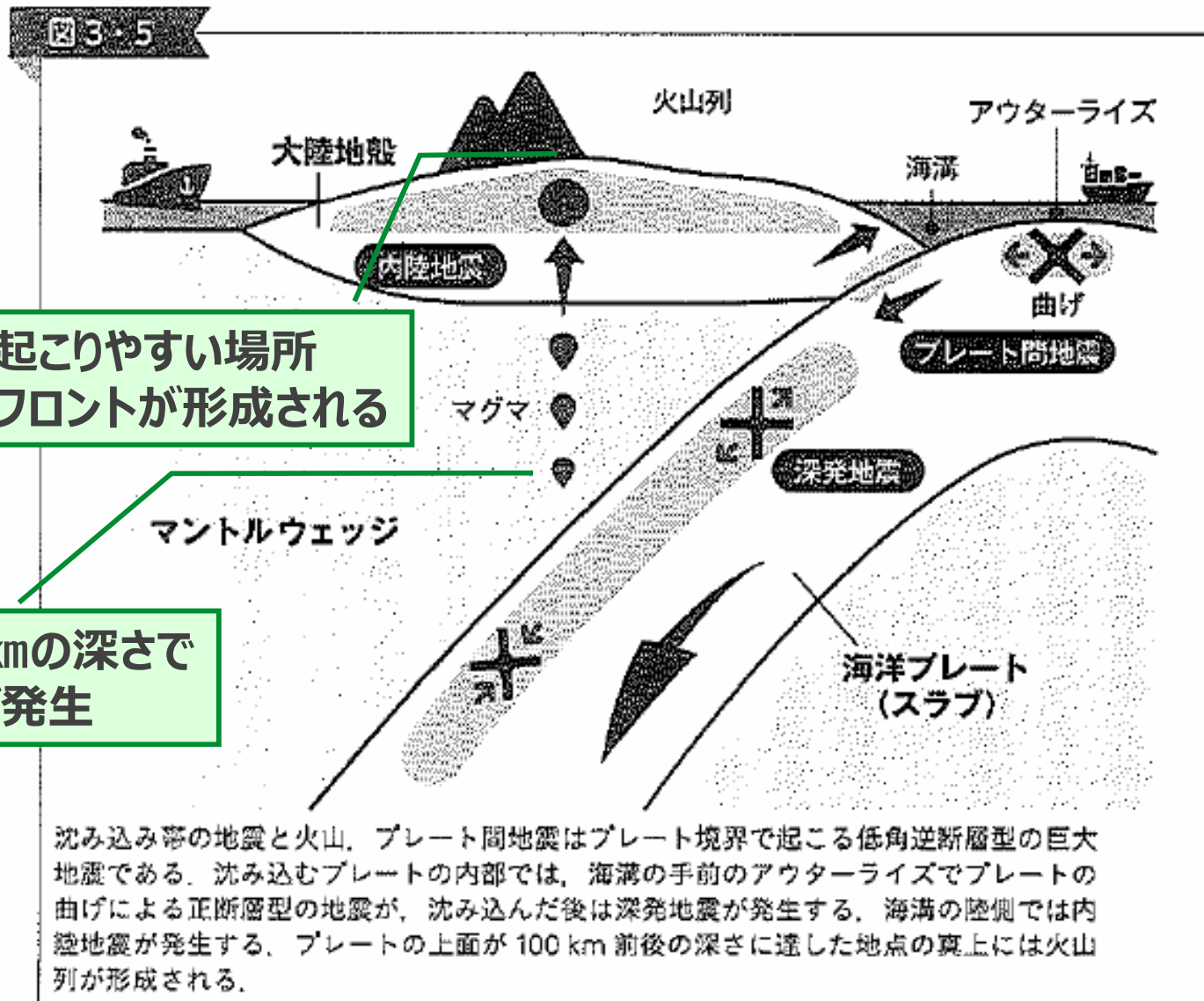


図5-2 マグマが噴出する場所 (佐野貴司氏による図を一部改変)

マグマの生成と火山の位置関係



火山フロントと火山活動

鎌田浩毅
「地学のススメ」
138頁

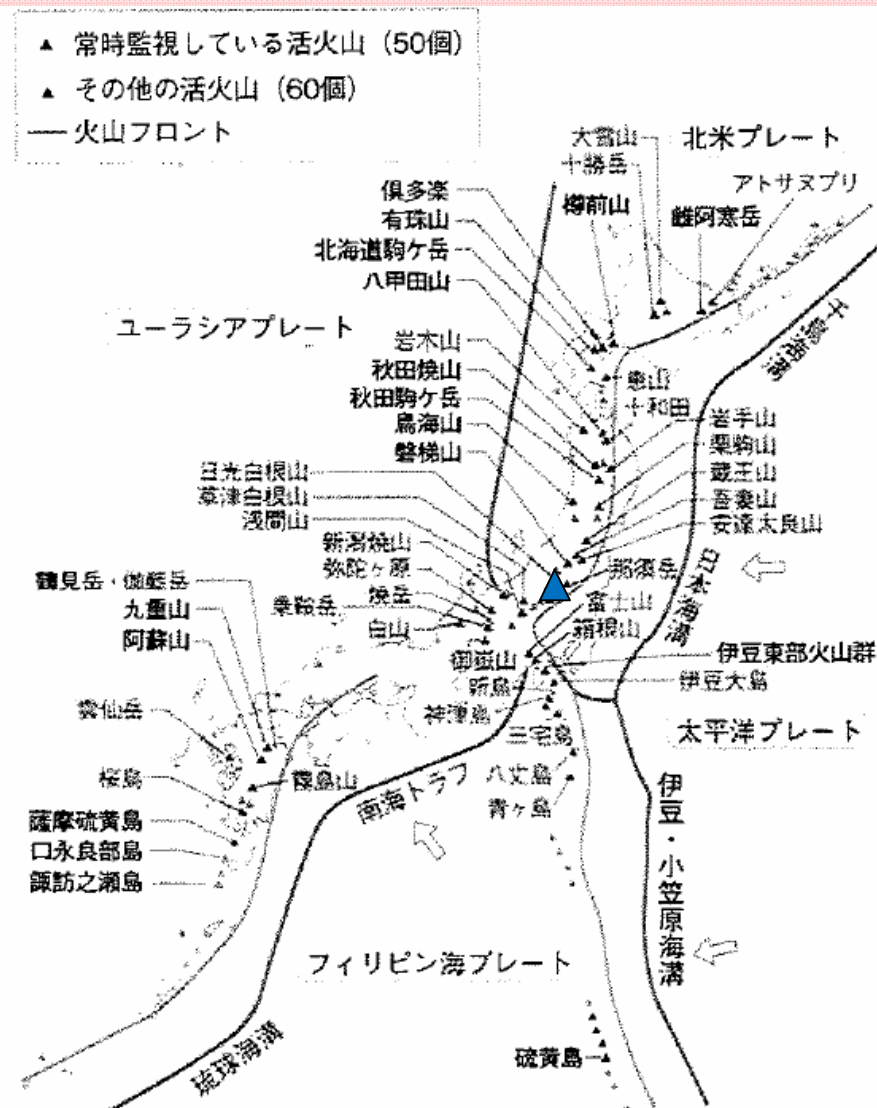
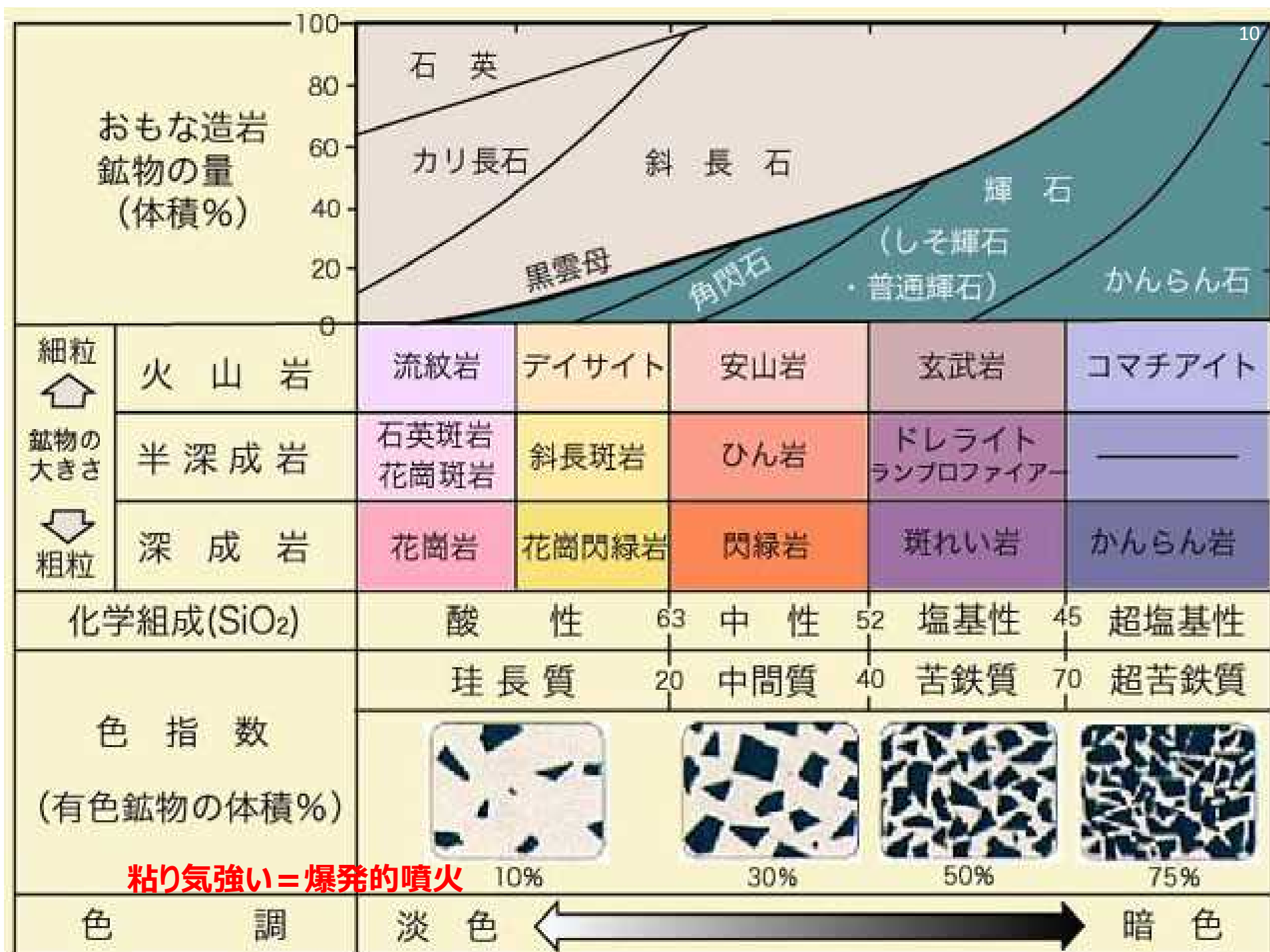
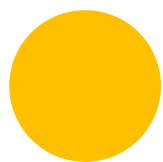
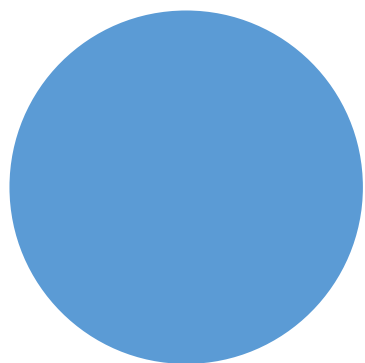


図5-3 日本列島の活火山と火山フロント（筆者作成）





(2)世界の歴史と火山災害

噴火の規模と単位 (準63 p9)

						「カルデラ形成を伴う大規模噴火」と定義		
火山爆発指数※1	VEI1	VEI2	VEI3	VEI4	VEI5	VEI6	VEI7	VEI8
見かけの噴出量※1 (km ³)	0.0001～0.001	0.001～0.01	0.01～0.1	0.1～1	1～10	10～100	100～1,000	1,000～
噴煙柱高度※1 (km)	0.1～1	1～5	3～15	10～25	25～			
噴火のタイプ※2	← ストロンボリ式 →		← →		プリニー式	← →		
	← ハワイ式 →	← →		ブルカノ式	← →	← ウルトラプリニー式 →		← →
規模※1	小噴火	中噴火		大噴火	巨大噴火		破局的噴火	
頻度※1	← → 高頻度					← 低頻度 →		
主な噴火	浅間 2004年	浅間山 1973年	霧島新燃岳 2011年	桜島昭和 1946年	St.Helens 1980年	Pinatubo 1991年	Tambora 1815年	Toba 約7.4万年前
	有珠 2000年	霧島新燃岳 1959年	三宅島 1983年	駒ヶ岳 1929年	桜島大正 1914年	桜島薩摩 約1.3万年前	鬼界アカホヤ 約0.7万年前	Yellow stone 約200万年前
	北海道駒ヶ岳 1996年		有珠 1977年		富士 1707年	十和田八戸 約1.55万年前	始良Tn噴火 約3万年前	
	雲仙火砕流 1991年				十和田a 915年	十和田大不動 約3.5万年前	支笏第一噴火 約4.4万年前	
						八甲田第2期 約40万年前		

赤字: 十和田火山
青字: 八甲田火山

※1: 町田・新井(2003)による。

※2: 宇井編(1997)による

六ヶ所再処理施設の適合性審査資料より抜粋

紀元前7300年鬼海アカホヤ噴火以降の 破局噴火と巨大噴火

年代	火山（噴火）	VEI	噴出物量
BC7300	鬼界アカホヤ噴火	7	150km ³
BC7000	摩周	6	
BC1627-1600	サントリーニ	7	
AD79	ヴェスヴィオ火山	7	
AD181	タウポ(ニュージーランド)	7	
AD535	スンダ海峡(クラカタウ?)	7-8	1000km ³
AD800	ニューブリテン島	6	10km ³
AD936+8-6	白頭山	7	83-117km ³
AD1783	ラキ（アイスランド）	6	
AD1815	タンボラ（インドネシア）	7	200km ³
AD1883	クラカタウ	6. 5	21km ³
AD1991	ピナトウボ（フィリピン）	6	10km ³

535年のクラカタウ噴火？

ティビッド・キーズ「西暦535年の大噴火」、「歴史を変えた火山噴火」の第7章(84ページ以下)

- グリーンランドの地層と南極のバード氷河から、火山噴出物が確認された。
- スウェーデン北西部、北アイルランド、カリフォルニア、ロシア、チリで、樹木の生長停止が観察されている。
- 中国の「南史」に、535年に「黄色い塵が雪のように降ってきた」「南西の方角から雷鳴が2度とどろいた」、536年に、「降ってきた黄色い塵を手で救い上げることができた」との記載。中国では激しい干ばつ、飢饉が続き、税の納入延期を認めても、各地で住民は反乱や暴動を起こした。
- 東ローマ帝国の歴史家プロコピオスの「戦史」には、「日光は一年中輝きを失って月のようになりきわめて恐ろしい前兆だ」と記載している。
- ローマの政治家であるカッシオドルスは、「夏になっても寒く北風で冷え冷えとしていた。雨は降らず、作物も育たなかった」と記している。ヨーロッパでは一億人が死に、人口は半減。イギリスとアイルランドでも、激しい飢饉が起きている。気候異変は、南米チリでも記録。
- 「日本書紀」にも、535-536年に大規模な飢饉と気候の寒冷化が起きていたことを裏付ける記載がある(宣化元年536年夏5月の詔)。
- この535年の謎の火山爆発は歴史にはっきりと刻まれた破局噴火の影響である

10世紀白頭山破局噴火

- 10世紀に中国と朝鮮の国境に位置する白頭山で破局噴火が発生した。
- 白頭山の火山活動の歴史と現状については、日本の東北大学、防災科学研究所と、韓国、北朝鮮、中国の4か国の専門家による共同研究が行われている。その中間報告が、東北大学総合学術博物館のホームページに掲載されている。
- 苫小牧に降り積もっている火山灰と同一の火山灰層が1970年代に日本海における海底地層調査で発見されたことなどから、町田洋教授らの研究でわかった。
- 噴火の規模は、総噴出物量が83-117キロ立方メートルとされており、VEI7クラスの破局噴火である。。
- 噴火の時期は歴史文献がなく、特定されていないが、日本の研究グループの推定では噴火時期は936+8-6年と推定されている。日本の寺院などに残されている古文書には火山灰が降ったという記載が複数見られるが、他にも同時期に火山爆発があり、同定がむづかしく、正確な年代の特定には至っていない。
- 最近、渤海と遼のこの地域に存在した集落の多数が消失していることが文献上確認でき、広大な地域に、火山の爆発のために人が住めなくなったことが裏付けられた。
- 白頭山は現在も活動を続けており、2002年以降火山性の地震動が増加し、白頭山の山頂がの隆起も判明した。地下のマグマが蓄積されているためと考えられ、継続的な観測が行われている。

1815年タンボラ火山噴火

「歴史を変えた火山噴火」の第八章 101ページ以下

- 1815年4月10日から同年12日にかけての大爆発音は1,750キロメートル先まで聞こえ、500キロメートル離れたマドゥラ島でも火山灰によって3日間も暗闇が続いた。高さ3,900メートルあった山頂は2,851メートルに減じ、面積約30平方キロメートル、深さ1,300メートルの火口が生じ、大噴火による噴出物の総量は150立方キロメートルにおよび、半径約1,000キロメートルの範囲に火山灰が降り注いだ。
- また、この大噴火後数か月にわたって世界各地で異常な夕焼けが見られ、この1815年の夏は異常に低温であった。アメリカ北東部では異常低温となり、雪や霜が6月までみられた。イギリスやスカンジナビアでは5月から10月まで長雨が続き、異常低温による不作で深刻な食糧不足が世界的に発生した。アイルランドの大飢饉もこの火山爆発が原因である。
- 翌1816年は「夏のない年」と言われた

1883年クラカタウ火山巨大噴火

「歴史を変えた火山噴火」の第九章
119ページ以下

- 1883年には、クラカタウ火山が3度にわたり、巨大噴火を引き起こした。
- この噴火は史上最大級の噴火が、世界中に電信で知らせられたエポック的な事件である。
- 噴火の際には、大きな爆発音が、シンガポール、オーストラリアのパースにまで届いたという。火砕流は海上40キロをわたり、スマトラ島ランブン湾に上陸した。報じられている死者数は36417人である。噴出物の総量は21立方キロメートルに及ぶとされている。VEI6クラスの明らかな巨大噴火である



刀水書房

現代火山学 が目撃した Pinatubo 火山大噴火

「歴史を変えた火山噴火」第10章
139ページ以下

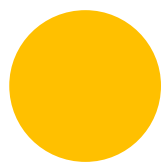
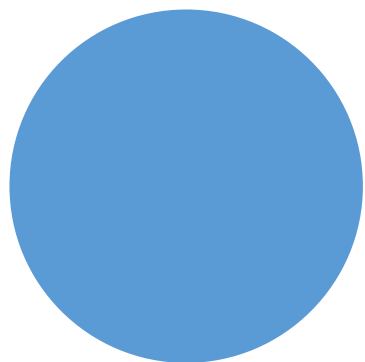


- 1991年3月15日火山の北西にある村の住民が、地震を断続的に感じ始めた。それから2週間で、地震は次第に強さを増していき、なんらかの異変が迫っていると考えられた。4月2日 火山は眠りから目覚め、山頂直下に1.5kmもの長きに渡る亀裂を生じて、そこから水蒸気爆発が起きた。その後、数週間は小規模な噴出が続き、周辺で火山灰が降った。毎日、数百件の火山性微動を検知した。
- 4月と5月を通して、火山活動はますます活発になった。二酸化硫黄の放出量の測定では、5月13日には1日あたり500トンだったのが、5月28日には1日あたり5,000トンにまで急増した。5月26日 初めて噴気孔のすぐ近くを震源とする地震が起きた。これらは新しいマグマが火山の直下まで上昇してきていることを示唆している。5月28日以降、二酸化硫黄の放出量が急激に下がり、何らかの原因でマグマからのガス放出が妨げられている恐れが高まった。これはマグマ溜まり内の圧力上昇につながり、爆発的な噴火が起きる可能性が高いことを示していた。

甚大な被害、しかし避難はできた。

- 6月3日に最初のマグマ性噴火が起き、6月7日には最初の大爆発が起こり、高さ7000m以上の噴煙が立ちのぼった。12, 13, 14日に大噴火が続き、15日に絶頂を迎えた。
- 4月7日10km地域に対して初の公式な避難命令が下された。6月5日 警報レベル 3（2週間以内に大噴火の可能性あり）に変更。6月7日 警報レベル 4（24時間以内に大噴火の可能性あり）に変更。10-20km地域が避難の対象となった。6月9日には警報レベルが5になり、20-40km地域からの避難が開始された。6月15日までに、火山から30km以内の地域にいた6万人すべてが退去した。多くの市民が一時的にマニラとケソンに移住した。
- 6月10日 クラーク空軍基地に避難命令が発せられ、司令官以下必要最小限の人員だけを残して他の将兵と家族約1万4500人は避難した。この噴火はVEI 6とされ、その影響は2100万人に及び、家畜80万頭が亡くなった。
- しかし、事前の避難の結果直接的な人命の被害は300人にとどまった。この噴火時の予知成功は、近代火山学の大きな成果とされている。





(3) 降下火砕物の 基礎知識

降下火砕物とは

▶「あらゆる種類の火山砕屑物で降下する物」（火山ガイド1.4項(8))

粒径 (mm)	火山砕屑物名称	
64-	火山岩塊 (block)	
	火山礫 (lapilli)	
2-	火山灰 (ash)	火山砂 (sand)
1/16-		火山シルト (silt)

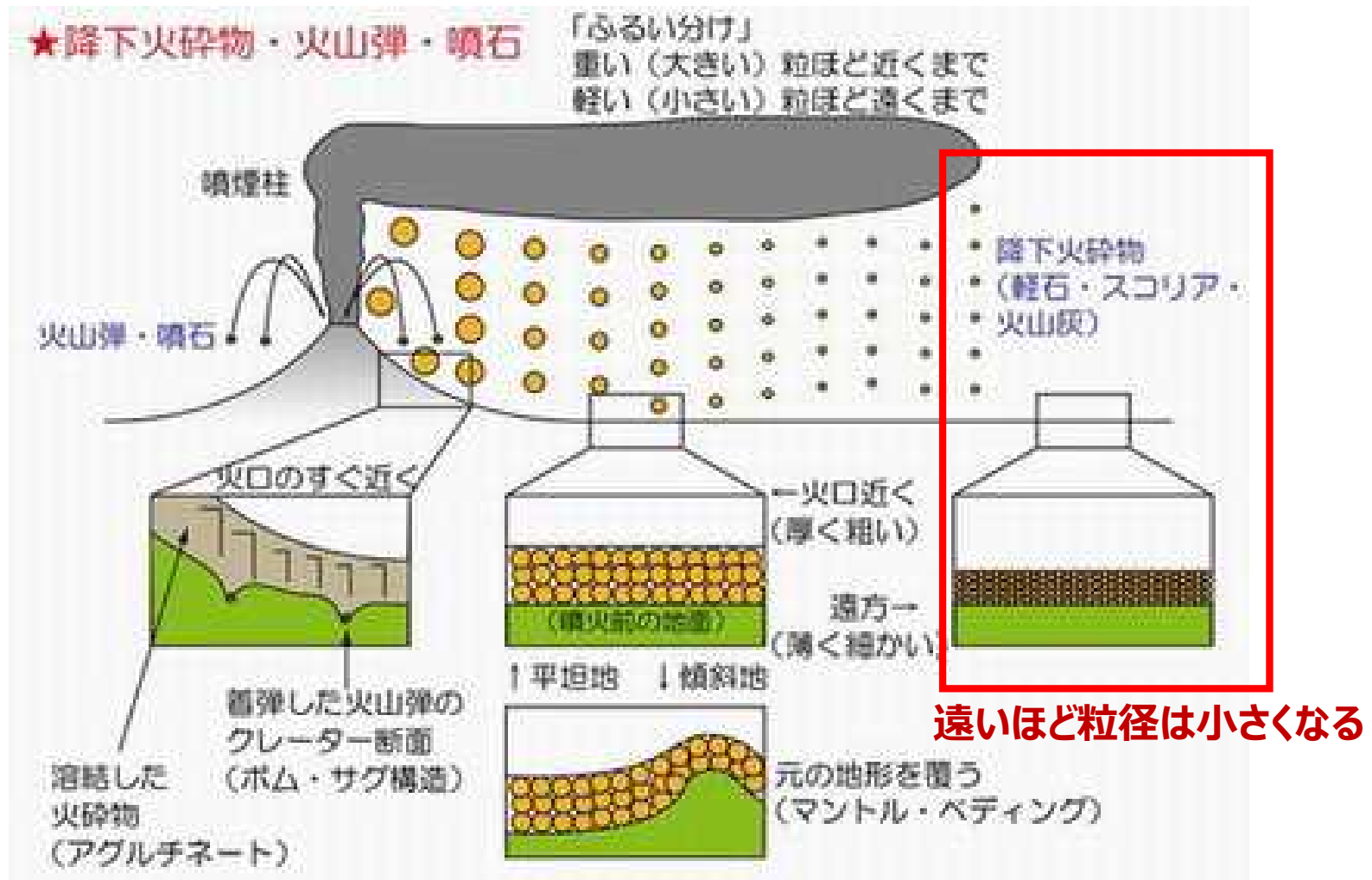
苦鉄質で黒や赤色の粒子を「スコリア」と呼ぶ。

中間～珪長質で黄色や白っぽいものを、「軽石」と呼ぶ。

大石雅之・立正大学教授（火山学）のHPより抜粋

降下火砕物とは

- ▶「軽い（粒径が小さい）火砕物ほど遠くに届く」（経験則③）（準79 p48）



降下火砕物とは

- ▶ 降下火砕物の密度にはばらつき（不確実性）がある（準82 p44）

○火山灰の密度

火山灰・雪の密度 (g/cm³)

項目		アメリカ 地質調査所※	宇井 (1997)	土志田 (2011)	須藤 (2004)	木佐・他 (2012)
火山灰	乾燥状態 (乾燥し締め固められていない)	0.5～1.3	0.4～0.7	—	1 程度	1.5
	湿潤状態 (湿りけを帯びて締め固められた)	1.0～2.0	1.2 を越えることもある	1.2～ 1.5 以上	—	
雪	新雪	0.05～0.07				
	湿りけを帯びた新雪	0.1～0.2				
	固結した雪	0.2～0.3				

※10cm 堆積時

準82 p44 図表10（甲D142 p6）

降下火砕物の原発施設への影響

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

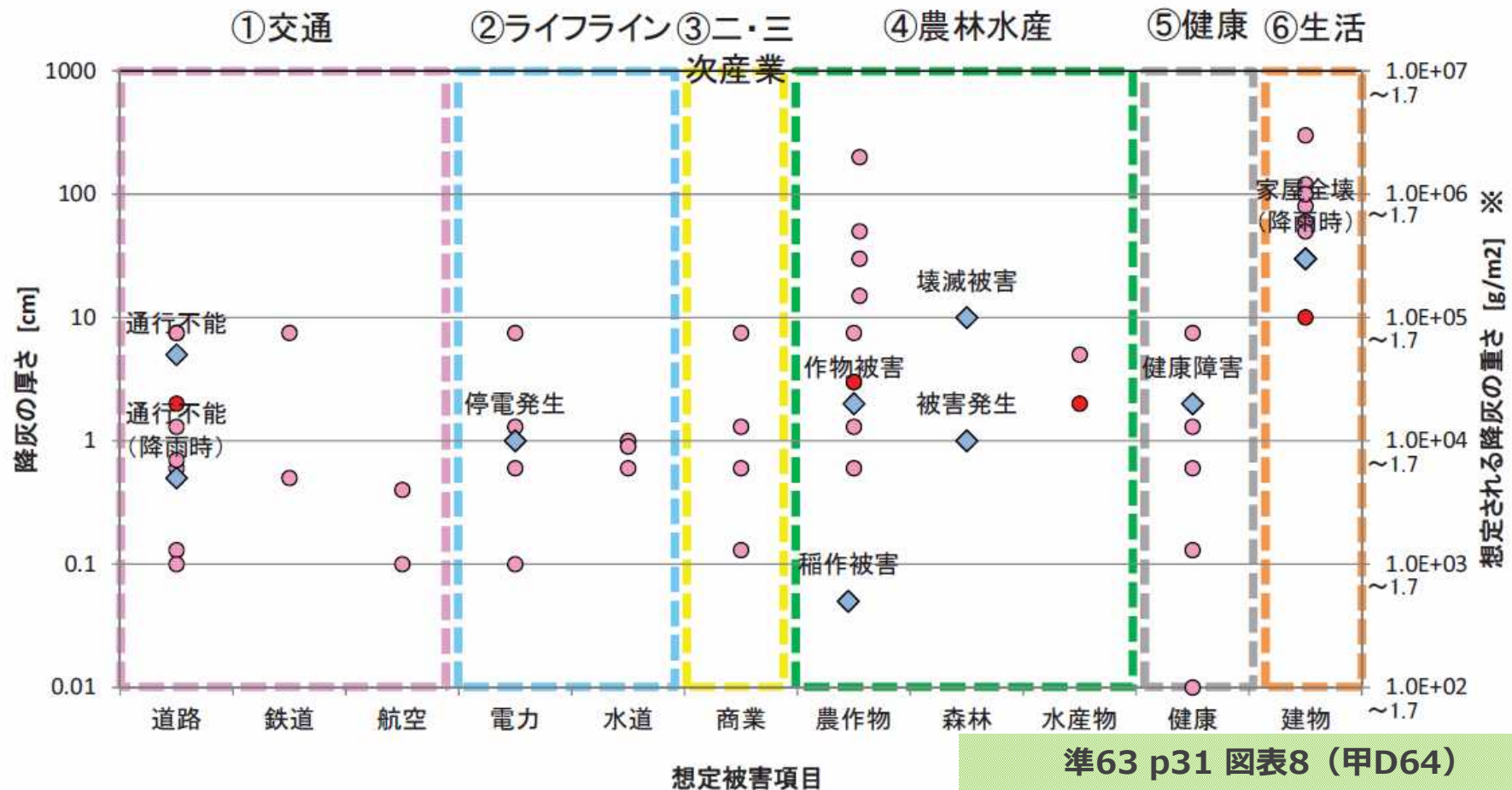
前述のように、降下火砕物は広範囲に及ぶことから、原子力発電所周辺の社会インフラに影響を及ぼす。この中には、広範囲な送電網の損傷による長期の外部電源喪失や原子力発電所へのアクセス制限事象が発生しうることも考慮する必要がある。

降灰の厚さ・重さから見た分野別被害状況

降灰による被害は分野・項目ごと降灰量(厚さ・重さ)ごとに様々発生している

- 実際に被害が報告された事例（文献等より、● は2011年霧島山噴火の事例）
- ◆ 被害が想定される数値（富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による）
想定される影響被害についても明記

※ 1mmの厚さを重さに換算すると
1000～1700g/m²となる



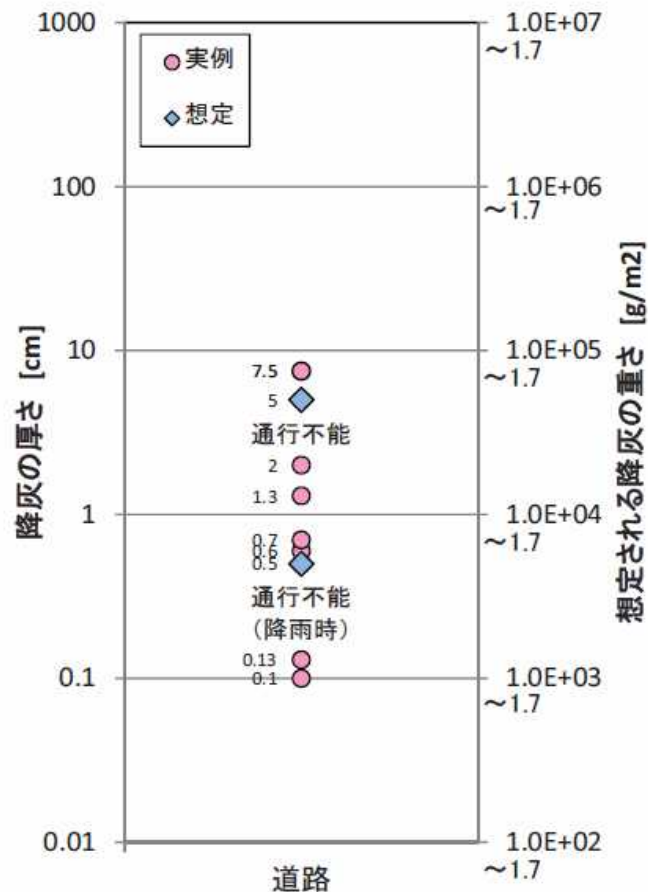
降灰の厚さ・重さから見た分野別被害状況(1-1. 道路)

降灰の厚さにより、

**通行不能
(徐行運転)**

の影響が生じる。

1mmの厚さを重さに換算すると1000~1700g/m²となる。



【富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による被害想定】

◆通行不能(5cm/日)

降灰が5cm/日以上では除灰が不可能であると考え、道路が通行不能になると想定

◆通行不能(降雨時)(5mm/日)

降雨時では除灰する車が動けず除灰が出来ないと考えて通行不能になるとした。

【具体的な内容(降灰の厚さ)】

●通行不能

7.5cm

高速道路完全閉鎖5日間。市内の道路は速度制限。(セントヘレンズ1980) 3)

2cm

宮崎県都城市山田町の市立山田小学校への通学路には2cm以上の灰が積もったため、市教育委員会が同日、臨時休校を決めた。(霧島山2011) 22)

1.3cm

市内交通規制5日間。速度制限。降灰後最初の48時間はあらゆる種類の交通が麻痺。視界不良。自動車のエンジン故障。(セントヘレンズ1980) 3)

7~8mm

堆積厚7~8mmの火山灰、軽石が降下。南岳から北西方15~20km離れた九州自動車道は多量の降灰のため、高速道として機能しなくなり、降灰除去のため約1日通行止め。(桜島1995) 4)

6mm

高速道路の完全閉鎖2日間。視界不良。自動車のエンジン故障。(セントヘレンズ1980) 3)

1.3mm

市内交通規制5日間。速度制限。定期便の運行を見合わせ。(セントヘレンズ1980) 3)

●徐行運転(1~2mm)

約1~2mmの火山灰が降下。霧が立ち込めたような状態。一時は視界3mで車はノロノロ運転。対向車が巻き上げる火山灰に視界がさえぎられ、4歳児をはね1ヶ月のけが。(新潟焼山1974) 5)

参考

桜島の事例によると、500g/m²(約0.5mm)以上の降灰があり、道路の白線が見えなくなると緊急体制により道路の降灰除去を実施。(富士山ハザードマップ検討委員会2002) 1)



セントヘレンズ1980噴火に伴う降灰(都市における火山灰災害の社会的影響に関するシンポジウム2003)



桜島の降灰に伴い高速道路通行止め(1995年8月25日南日本新聞朝刊)



霧島山噴火に伴う降灰の状況(2011年8月31日気象庁撮影)

準63 p30 (甲D64)

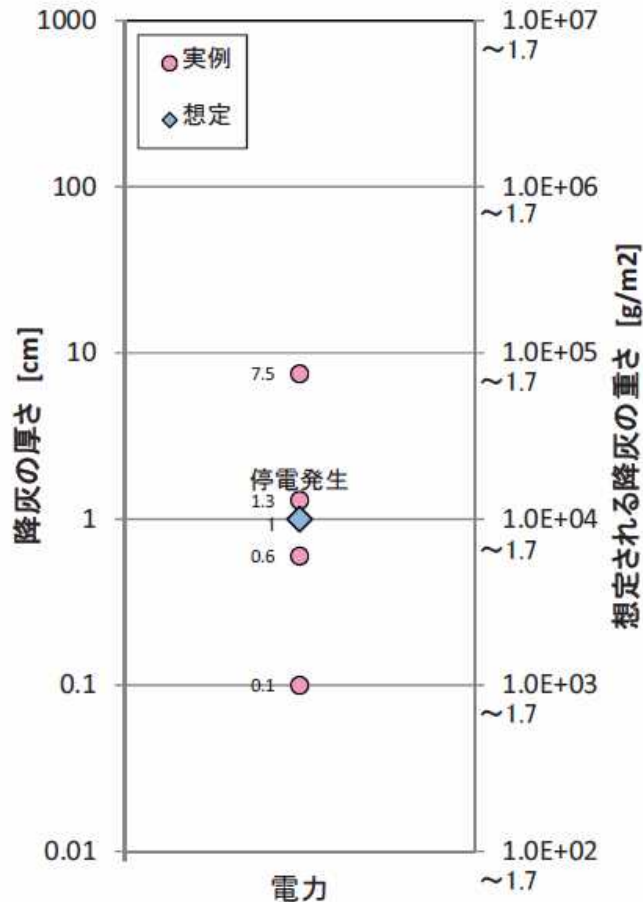
降灰の厚さ・重さから見た分野別被害状況(2-1. 電力)

降灰の厚さにより、

停電発生

の影響が生じる。

1mmの厚さを重さに換算すると1000~1700g/m²となる。



【富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による被害想定】

◆停電発生(1cm)

桜島の事例より、降雨時に1cm以上の降灰がある範囲で停電が起こり、その被害率は18%とした。

【具体的な内容(降灰の厚さ)】

●停電発生

7.5cm

機械に積もった灰を取り除くため、ワシントン水力発電の200軒の顧客への電力の供給が6~8時間停電。変電所の灰を払い落とし、電柱を洗い、碍子やその他の装置の灰を除去するためにエア・コンプレッサーや給水車が投入。(セントヘレンズ1980) 3)

1.3cm

5つのトランスが故障し、2本の電柱が火災を起こした。停電は発生したが短時間。碍子やワイヤーの灰を取り除き、電柱をたたき、できるだけ多くの灰を払い落とし、圧縮空気を吹き付けて残りの灰を取り除いた。(セントヘレンズ1980) 3)

6mm

変電所で変圧器のがいしやスイッチパネルに積もった灰を除去する際の送電停止による停電。(セントヘレンズ1980) 3)

1mm

平成2年(1990)の爆発的な噴火で一宮町を中心に多量の降灰があり、約3700戸が停電した。これは、湿った火山灰が柱上トランスなどに付着してショートしたためである。停電の原因発生地域は、火山灰が約1mmの厚さに堆積した地域とびつたり一致していた。(阿蘇山1990) 8)

【アンケートより】

・低圧配電線(引込線)の断線が約30件発生。変電所の電気工作物に堆積した灰の除去作業及び配電線の土石流対策工事(電柱移設)の実施。降灰に伴う濁水の流入防止(水力発電所事故未然防止)のため、小規模水力発電所の停止。変電所建屋屋上排水溝及び雨樋詰まり対策等の実施。構内に堆積した灰の除去。(霧島山2011) 7)

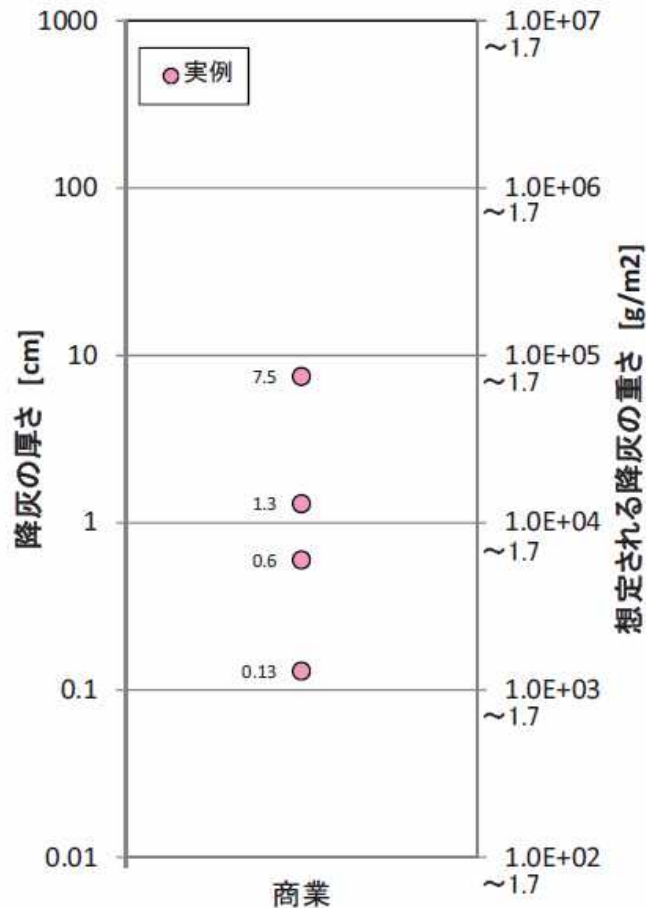
降灰の厚さ・重さから見た分野別被害状況(3. 商業)

降灰の厚さにより、

(回復時間)

に影響が生じる。

1mmの厚さを重さに換算すると1000~1700g/m²となる。



【大都市における火山灰災害の影響予測評価に関する研究(2004)より】

●回復時間

降灰量が少ないときには、灰の量のごくわずかに増えただけでも回復までの時間は急激に長くなり、灰に敏感に影響される。降灰量がある値(たとえば2.5cm)を超えたレベルでは、さらに降灰量が多くなっても回復までの時間はほとんど影響を受けず、変動に対して優れた復元力を備えている。

【具体的な内容(降灰の厚さ)】

●回復時間

7.5cm

リッツビルは完全回復まで9日間。商品が灰をかぶった。灰によってコンピュータが故障したため休業。保安上の観点から休業命令。ショベルや帚等による除灰作業。(セントヘレンズ1980) 3)

1.3cm

チェニーは完全回復まで8日間。灰による直接的被害。スーパーマーケットは「パニック買い」(とくに生鮮食料品)で混雑し、居酒屋は大幅に売上げが伸び、本屋やクラフトショップも同様。(セントヘレンズ1980) 3)

6mm

エレンズバーグは完全回復まで1週間。灰が店の中にまで入り込んで商品の上に積もったことによる掃除。商売上の損失。噴火から1週間、パン、スナック食品、ビール、生鮮乳製品が不足。(セントヘレンズ1980) 3)

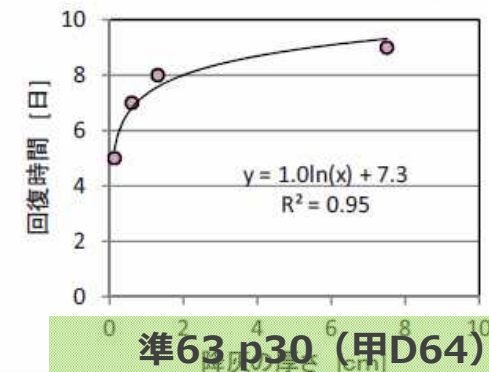
1.3mm

ミズーラは平常時の90%以上の回復まで約5日。大気汚染規制条例等に基づき、どうしても必要とみなされる商売や事業以外は日曜日の夜から木曜日の朝まで休業。(セントヘレンズ1980) 3)

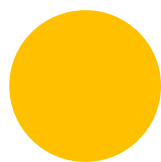
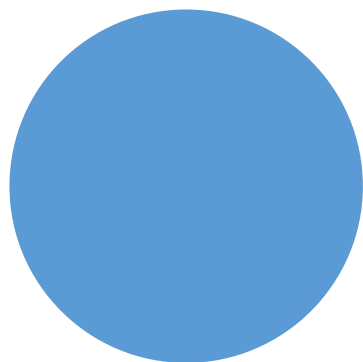
※上記の事例をグラフにプロットすると、右図のようになる。
(事務局作成)

	降灰の厚さ	回復時間
リッツビル	7.5cm	9日
チェニー	1.3cm	8日
エレンズバーグ	6mm	7日
ミズーラ	1.3mm	5日

降灰の厚さと商業回復時間の関係



準63 p30 (甲D64)



(4)火山事象に対する 法規制

具体的審査基準としての火山ガイド（準63 p11-）

▶ 原子炉等規制法43条の3の6 1項4号

「発電用原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質…（略）…による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること」



▶ 設置許可基準規則6条1項

「安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く）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」

▶ 同規則の解釈6条2項

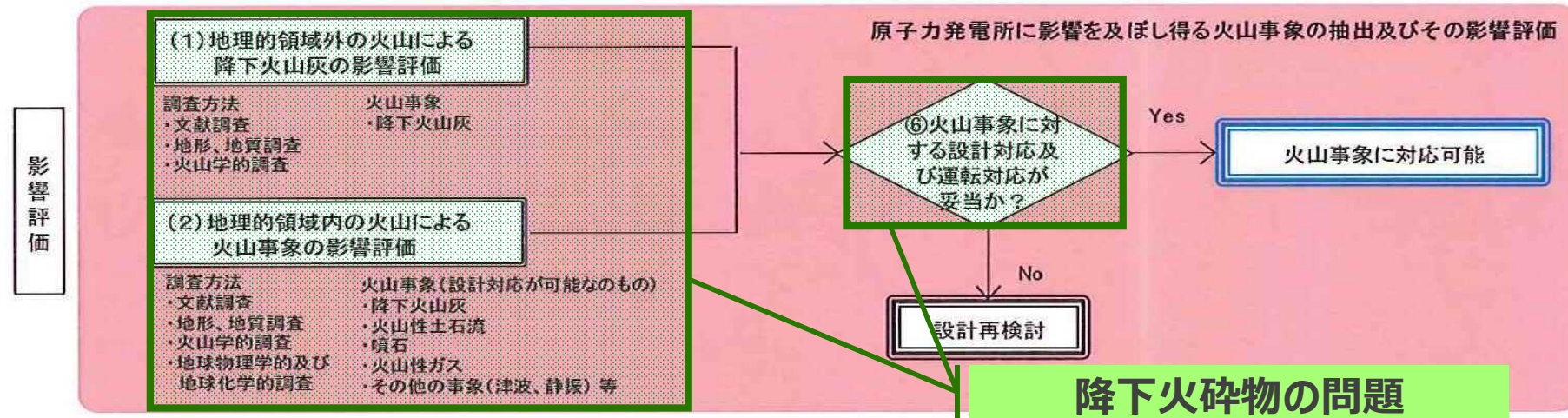
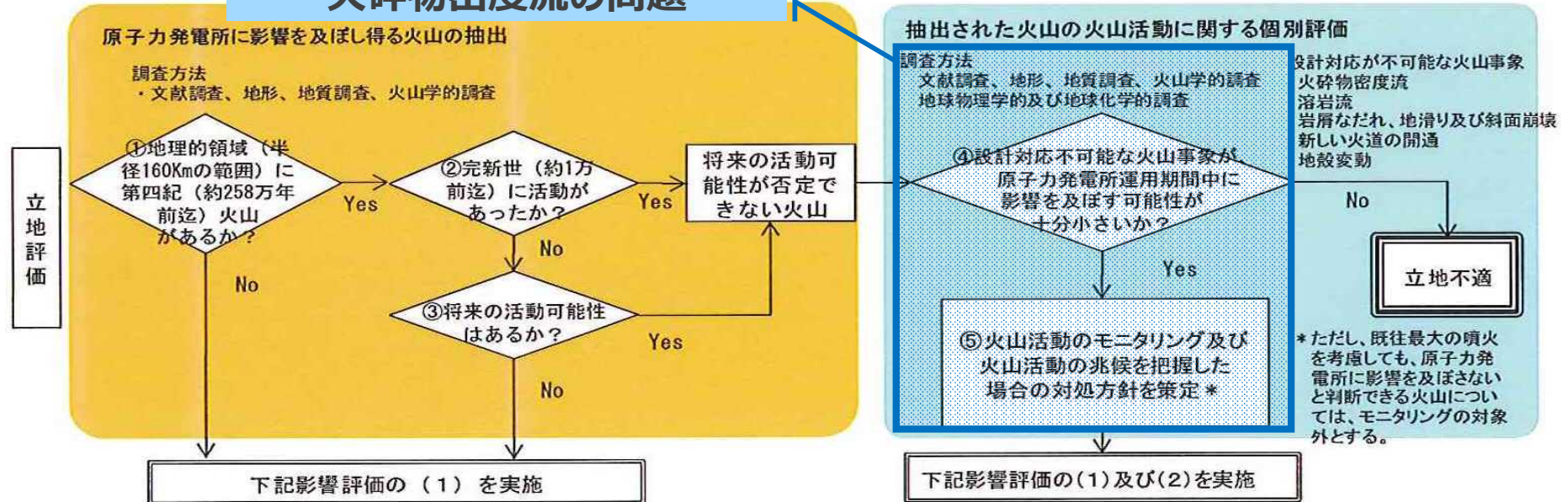
「『想定される自然現象』とは、敷地の自然環境を基に、…（略）…火山の影響…（略）…をいう。」



▶ 具体的審査基準としての火山影響評価ガイド

火山ガイドの評価フロー図 (甲D59 p23)

火砕物密度流の問題



降下火砕物の影響評価の流れ

① 検討対象火山の抽出 : 施設に影響を与え得る火山を抽出する。



② 噴火規模の設定 : 施設に最も大きな影響を与え得る火山と噴火規模を設定する。



③ 層厚の想定 : ②の噴火で、原発敷地に、最大でどの程度の降灰があるか想定する。

→ 荷重や電気系トラブル、給水系トラブル、アクセス障害等に影響



④ 気中濃度の想定 : ③を前提に、気中濃度が最大でどの程度になるか想定する。

→ 建屋の換気系、非常用DGの吸気フィルタ等に影響



⑤ 機器等への影響評価 : 想定した層厚・濃度の降下火砕物に施設が耐えられるように設計されているかを評価する。