

気中降下火砕物濃度等の設定、規制上の位置づけ及び要求 に関する基本的考え方（案）

平成29年6月22日

降下火砕物の影響評価に関する検討チーム

降下火砕物の影響評価に関する検討チームは、気中降下火砕物濃度等の設定方法、当該濃度等の規制上の位置づけ、当該濃度等による発電用原子炉施設への影響を防止するための規制要求について検討を行い、基本的考え方を以下のとおりとりまとめた。検討に際しては、公開の会合を開くとともに、外部専門家及び事業者から意見を聴取した。

(1) 自然現象に対する設計基準の設定の考え方

設計基準の設定には、既往最大又は理論的評価を用いる方法がある。

(a) 既往最大に基づく設計基準の設定

「実測値」や「歴史的痕跡+推測」から既往最大を決定し、不確かさを考慮して設定。ただし、既往最大を超えるものの発生が否定できず、既往最大が必ずしも設計基準として適切でない場合がある。

(b) 理論的評価に基づく設計基準の設定

モデルから得られた解析値から、不確かさを考慮して設定。ただし、モデルが確立していない場合や入力パラメータの設定根拠が確立できない場合は設計基準が設定できない。

(2) 審査における気中降下火砕物の取扱い

新規制基準への適合性審査において、外気取入口に設置されているフィルタは、気中降下火砕物が侵入し難い構造とすることを確認している。

また、フィルタが閉塞するまでの時間及びフィルタ交換に必要な時間を試算している。試算においては、上記(a)の考え方により、機器への評価を行うための具体的な気中降下火砕物濃度を設定している。しかしながら、国内原子力発電所での観測値はもとより国内での観測値もほとんどないため、海外での数少ない観測値（アイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山の噴火（2011年）、米国セントヘレンズ火山の噴火（1980年）の観測値）を用い、事業者は、これらの気中降下火砕物濃度を用いた場合でもフィルタ交換により機能維持が可能であるとしている。

(3) 気中降下火砕物濃度の評価のためのモデルの現状

電力中央研究所がモデルにより気中降下火砕物濃度の評価を行ったこともあり、上記(b)の考え方が適用可能か検討を行った。

現在得られている科学的知見では、①観測値の外挿により推定する手法、②降灰継続時間を仮定して堆積量から推定する手法、③数値シミュレーションにより推定する手法は、いずれも大きな不確実さを含んでいる。

現時点では、比較的多くの実測データが得られる他の自然現象とは異なり、VEI 5 規模の噴火による降下火砕物濃度の観測値が十分に得られていないため、モデルが十分に検証されていないこと、モデルの入力パラメータの設定根拠となる実測データが少ないことから、設計基準を設定することは困難である。(別紙参照)

(4) 規制上の位置づけ及び考え方

上記(b)の考え方により設計基準の設定が困難であっても、VEI 5 規模の降下火砕物濃度により共通要因故障になる可能性があるので、設計あるいはその後の運用で対策が取られていることを確認すべきである。

その際、大きな不確実さを含んでいるものの、手法②及び手法③による推定値を考慮し、フィルタ交換等による機能維持を評価するための気中降下火砕物濃度及び継続時間を、総合的、工学的判断により設定することとした。これは、設計基準ではなく、「機能維持評価用参考濃度(仮称) (以下、「参考濃度」という。)」と呼ぶ。

加えて、気中降下火砕物濃度の推定には大きな不確実さが伴うことを考慮し、極めて濃い気中降下火砕物濃度によりフィルタが閉塞することも想定し、全交流動力電源喪失等を想定する。

なお、設置許可においては、米国セントヘレンズ火山の噴火(1980年)の観測値を用いて試算しているが、測定機器の性能を上回っていることも考えられること、堆積厚との整合性を考慮する必要があることから、これの見直しも考えられるが、より高い参考濃度で機能維持が担保されるため、見直す必要はなく、設計基準は既往最大を用いる。

(5) 規制上の要求

イ) 設計基準【設置許可基準規則6条】

既往最大を用いて、機能維持が担保されるか確認する。(参考濃度で包絡されるため)

ロ) 参考濃度

現時点で適用可能な理論的評価により設定する。手法②により降灰継

続時間を 24 時間と仮定した平均濃度、又は、手法③^{*1}により噴火継続時間を 24 時間とした場合の最大濃度とする^{*2}。この濃度において 24 時間 2 系統維持を確認する。

(理由)

手法②で得られる平均濃度は、24 時間以降も引き続き降灰した場合の降灰量も合算されているので保守的な高い濃度となる。また、24 時間以降の降灰も合算しているため、降灰継続時間が 24 時間以上となった場合（濃度は下がり、総量は同じ）でも対応ができる。

手法③で得られるピーク濃度は、最大濃度を持続することを仮定しており、保守的な濃度となる。

さらに保守的な評価を行った場合、参考濃度を一定時間上回る可能性もあるが、1 系統維持であれば約 2 倍の濃度に対応できること、後述の全交流動力電源喪失等対策が控えていることから、炉心損傷を防止できる。

ハ) 全交流動力電源喪失等への対策

降下火砕物濃度が極めて高くなることに備えて、フィルタ閉塞等を起因とする「全交流動力電源喪失」を想定し、炉心損傷を防止できることを確認する。この際、フィルタ閉塞時間は 24 時間^{*3}、作業環境の悪化を想定する。

上記については別紙 2 に示す気中降下火砕物に対する規制上の考え方(案)において、その概略を示す。

*1 手法③では、パラメータ設定において妥当性の確認が必要

*2 手法②及び手法③において計算に用いる粒径分布（終端速度）は可能な限り実測値を使用する。

*3 フィルタ閉塞は、降灰継続時間を短く仮定し場合に、参考濃度を大幅に上回るにより発生するため。

気中降下火砕物濃度の推定手法

I. 気中降下火砕物濃度の推定手法

国内はもとより海外においても、降灰中の降下火砕物を直接観測した事例は少なく、降灰中の気中降下火砕物濃度、粒径分布等のデータは少ない。そこで、現在の知見から考えられる気中降下火砕物濃度の推定手法について検討した結果、以下の3手法が考えられる。

- ①観測値の外挿により推定する手法
- ②降灰継続時間を仮定して堆積量から推定する手法
- ③数値シミュレーションにより推定する手法

上記の手法について、具体的な推定手法とその留意点を以下に述べる。

①観測値の外挿により推定する手法

本手法は、対象とする原子力発電所敷地とは異なる地点での観測値を用いて推定する手法である。この際、評価対象となる原子力発電所敷地での堆積量が観測地点と一致しない場合、評価に用いる気中降下火砕物濃度観測値を評価対象地点での堆積量に外挿する単純な比例計算で求める。

本手法を適用する際の留意点として、対象とする原子力発電所と想定する火山との距離や方位等の位置関係が異なること、評価対象とする噴火の規模や様式が一致しない場合もあることが挙げられる。なお、現在得られている観測値は不確かさが大きい。

1980年5月18日のセントヘレンズ火山噴火における観測値と噴火の概要を参考1に、その観測値を用いた推定計算の例を参考2に示す。

②降灰継続時間を仮定して堆積量から推定する手法

a. 降灰継続時間を仮定して原子力発電所敷地での堆積量から推定する手法

本手法は、原子力発電所敷地又はその周辺で観測された降下火砕物の堆積量と堆積している降下火砕物の粒径分布から推定する。降下火砕物の落下速度（終端速度）は、降下火砕物の粒径に依存し、その落下速度は実験的に求められている（参考3）。そこで、敷地での降灰継続時間を仮定することにより、堆積した降下火砕物の堆積速度を求めることができ、粒径ごとに堆積速度を終端速度で除することで気中降下火砕物濃度を求めることができる。なお、降灰継続時間については、同程度の噴火規模での噴火継続時間を参照して設定する。この際、評価対象火山から敷地に向かう一定風を仮定するケー

スでは、噴出時間 \div 降灰継続時間（堆積量に支配的な主要な降灰）とみなすことが可能であり、同程度の噴火規模での噴火継続時間（参考 4）を参照することができる。

本手法の留意点としては、堆積している降下火砕物の全粒径が降灰中に均一に落下すると仮定しており、算出される数値は、落下速度の遅い粒径が小さい降下火砕物と落下速度の速い粒径が大きい降下火砕物が同時刻に降灰する場合の気中降下火砕物濃度（降下火砕物全粒径の平均濃度）となる。また、評価対象となる降下火砕物が経年変化することにより初生時の粒径分布を保持していない可能性があること、敷地及びその周辺で降下火砕物が得られるサイトが少ないことが挙げられる。さらには、敷地へ向かう一定風を仮定することは、降灰継続時間が短くなり、単位時間当たりの降灰量は多く見積もられる。

敷地に堆積した降下火砕物の層厚が 15 cm のケース（降下火砕物の密度を 1 g/cm^3 とすると、重量は 150 kg/m^2 ）で、降灰継続時間を 6~48 時間とした場合での気中の平均濃度の計算例を参考 5 に、終端速度と堆積量からの気中の平均濃度を算出する式を参考 6 に示す。なお、計算に用いた降下火砕物の粒径は、樽前火山起源の降下火砕物（Ta-a）火口から約 100 km の地点（北海道占冠村付近）での中央粒径の実測値 $2\sim 3 \phi$ ($0.0250 \text{ cm}\sim 0.0125 \text{ cm}$) を参考にした。

b. 降灰継続時間を仮定して堆積量から推定する手法

本手法は、前述の a. 法と同じであるが、降下火砕物濃度の推定に必要な降下火砕物の堆積量と粒径分布を数値シミュレーション（Tephra2）により求めた値を用い推定する。

本手法の留意点としては、a. 法における留意点に加えて、数値シミュレーションで設定するパラメータに不確実さがある。

③数値シミュレーションにより推定する手法

本手法は、3次元の大気拡散シミュレーション（FALL3D等）により設定座標点で粒径ごとに降下火砕物濃度の時間変化を算出する。シミュレーションでは、多くのパラメータを入力する必要があるが、観測値等のデータが少なく、工学的判断によりパラメータを設定したうえで推定する。

本手法の留意点としては、計算結果に大きく影響すると考えられるパラメータとして、初期粒径、給源モデル、移流・拡散モデル等があり、これらを設定するための定量的な根拠に乏しいことが挙げられること、過去の噴火における気象データが不明なことから、シミュレーション結果を検証することが困難であ

ることが挙げられる。

モデル計算例として、FALL3D (イタリアで開発されたシミュレーションコード) を用いた気中降下火砕物濃度の経時変化を参考 7 に示す。なお、モデル計算では、敷地を想定した地点において 100 km 程度離れた火山からの 15 cm 程度の降灰を想定した。噴火規模は、VEI5 クラスの噴火 (噴出量: 6.2km³) 相当規模の降灰、モデル計算に用いる高度別の風速・風速は、給源から想定した地点方向へ吹く一定風 (解析範囲内はすべて一定の風向・風速条件) を使用した (参考 8)。また、モデル計算に用いるパラメータ設定の考え方を参考 9 に、計算に用いた入力値と実現象で考慮すべき点をまとめた比較表を参考 10 に示す。

II. まとめ

上記 I の①～③の気中降下火砕物濃度推定手法について、不確実さの観点でまとめると以下のようになる。

1. 現在得られている科学的知見では、①～③の手法はいずれも大きな不確実さを含んでいる。
2. 手法①では、現在得られている観測値には不確実さがあり用いることは難しい。
3. 手法② a の適用は、敷地又はその周辺で降下火砕物の堆積が確認でき、堆積している降下火砕物の適切な粒径分布測定が可能な場所に限られる。
4. 手法② b 及び手法③では、多くの入力パラメータを設定しなければならないが、設定の根拠となる実測データが少ない。

III. 参考濃度の設定

降下火砕物の比較的多くの実測データが得られる他の自然現象とは異なり、気中降下火砕物濃度の設計基準を設定することは困難である。現時点では、VEI5 規模*の噴火による気中降下火砕物濃度の観測値が十分に得られていないことから、手法②～③による推定値を考慮し、フィルタ交換等による機能維持を評価するための気中降下火砕物濃度及び継続時間を、総合的、工学的判断により参考濃度を設定する。

* : VEI は火山爆発指数 (Volcanic Explosivity Index) の略。VEI 5 は噴出量 1 ～ 10 km³ オーダーの噴火を指す。

参考1 (観測値の外挿により推定する手法の計算例)

<計算に用いる観測値>

- セントヘレンズ火山の1980年5月18日噴火噴
- Yakimaにおける気中降下火砕物濃度観測値* : 約33mg/m³
- 観測地点 (Yakima) での堆積量 (実測値) : 0.8cm

<モデル計算に用いる観測値>

- モデルサイト: 降下火砕物堆積量15cm

モデルサイトでの気中降下火砕物濃度 = $0.033\text{g/m}^3 \times 15\text{cm} \div 0.8\text{cm} = 0.6\text{g/m}^3$

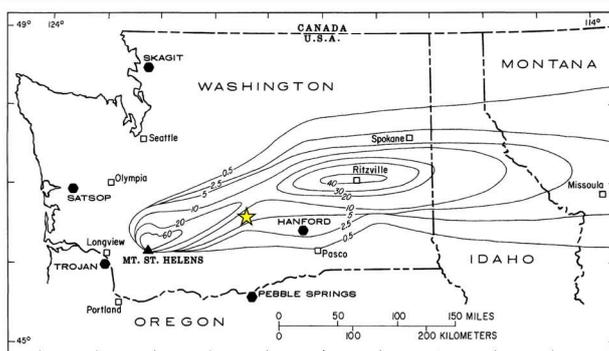
* 観測機器の測定限界を超えていた。

参考2 (セントヘレンズ噴火(1980年)における降下火砕物濃度)

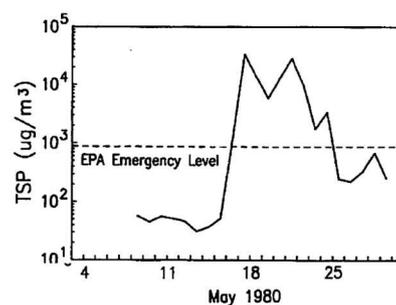
降下火砕物濃度観測の実例として「Mount St. Helens eruption: The acute respiratory effects of volcanic ash in a north American community」が1983年にArchives of Environmental Healthに公表された。

セントヘレンズ山から約135km離れたYakima地点において、

- 降灰量約0.8cm。90%以上の粒子が10μm以下。(ともに実測値)
- 5/18 AM9:45降灰開始。約8時間継続。この間の平均TSP (Total suspended Particles)レベルが33.402mg/m³。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ため、実際はより高い濃度であった可能性も否定できない。
- 翌日からTSPレベルは減少、13.609 mg / m³ (5/19)、5.863 mg / m³ (5/20)。
- 風の影響で再びTSPレベルが増加、13.273 mg / m³ (5/21)、28.465 mg / m³ (5/22)。



1980年5月18日噴火の降灰分布図 (★Yakima地点、135km) 単位はmm
(Shinpley and Sama-Wojcicki, 1983)



Yakima地点での総浮遊粒子量の時間変化
(Baxter et al., 1983)

参考3(降下火砕物の粒径と終端速度の関係)

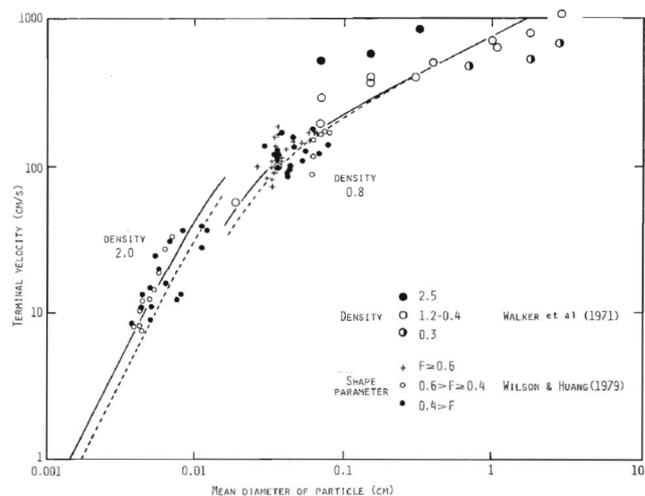


Fig. 3. Terminal fall velocity of volcanic particles vs. mean diameter of the particle at sea-level. Dotted curves; Eq. (4), solid curves; Eq. (4)'. All experimental data are from WALKER *et al.* (1971) and WILSON and HUANG (1979).

※各プロットは実際の火砕物粒子を用いて室内実験を行った際の実測値

Suzuki "Theoretical model for dispersion of tephra" *Arc volcanism*, (1983) 95-113

参考4(過去のプリニー式噴火における噴火パラメータ)

Table 1. Eruptive Parameters of Late Quaternary to Recent Plinian Eruptions

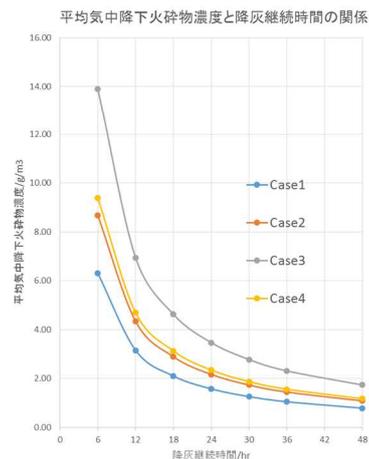
Eruption	Country	Date	Composition	Col. Hl.	MDR (kg/s)	DRE (km ³)	Plin. Mass (kg)	Time (h)	PF+S (DRE)	PF+S Mass	Total Mass	Reference
Toluca (lower)	Mexico	24 500 YBP	And./Dac.	28	7.90E+07	0.4	9.0E+11	3.2	N.R.	N.R.	9.0E+11	Bloomfield <i>et al.</i> (1977)
Toluca (upper)	Mexico	11 600 YBP	And./Dac.	30	1.00E+08	3.6	9.0E+12	25.0	N.R.	N.R.	9.0E+12	Bloomfield <i>et al.</i> (1977)
La Primavera B	Mexico	95 000 YBP	Rhyolite	36	2.20E+08	16.0	4.0E+13	50.5	18.50	4.63E+13	8.6E+13	Walker <i>et al.</i> (1981)
La Primavera D	Mexico	<95 000 YBP	Rhyolite	26	7.90E+07	0.6	1.6E+12	5.6	N.R.	N.R.	1.6E+12	Walker <i>et al.</i> (1981)
La Primavera E	Mexico	<95 000 YBP	Rhyolite	24	6.30E+07	0.8	2.1E+12	9.1	N.R.	N.R.	2.1E+12	Walker <i>et al.</i> (1981)
La Primavera J	Mexico	<95 000 YBP	Rhyolite	33	1.80E+08	3.8	9.5E+12	14.7	N.R.	N.R.	9.5E+12	Walker <i>et al.</i> (1981)
El Chichon A	Mexico	1982	Trachyand.	27	8.00E+07	0.3	7.5E+11	2.6	N.R.	N.R.	7.5E+11	Carey and Sigurdsson (1986)
El Chichon B	Mexico	1982	Trachyand.	32	1.50E+08	0.4	9.8E+11	1.8	0.13	3.2E+11	1.3E+12	Carey and Sigurdsson (1986)
El Chichon C	Mexico	1982	Trachyand.	29	8.50E+07	0.4	1.0E+12	3.3	N.R.	N.R.	1.0E+12	Carey and Sigurdsson (1986)
Santa Maria	Guatemala	1902	Dacite	34	1.70E+08	8.6	2.2E+13	35.1	N.R.	N.R.	2.2E+13	Williams and Self (1983)
Los Chocoyos	Guatemala	85 000 YBP	Rhyodacite	45	5.00E+08	150.0	3.8E+14	208.3	120.00	3.00E+14	6.8E+14	Rose <i>et al.</i> (1987)
Apoyo A	Nicaragua	23 000 YBP	Dacite	27	8.30E+07	2.8	7.0E+12	23.4	3.30	8.25E+12	1.5E+13	Sussman (1985)
Apoyo C	Nicaragua	<23 000 YBP	Dacite	29	8.70E+07	2.5	6.3E+12	20.0	N.R.	N.R.	6.3E+12	Sussman (1985)
Nevado del Ruiz	Colombia	1985	And./Dac.	27	5.00E+07	<0.1	3.5E+10	0.2	0.004	1.00E+10	4.5E+10	Naranjo <i>et al.</i> (1986)
Pelec P1	Martinique	650 YBP	Rhyodacite	21	3.20E+07	0.1	2.0E+11	1.7	0.080	2.00E+11	4.0E+11	Traineau and Westercamp (1985)
Pelec P2	Martinique	1670 YBP	Rhyodacite	20	3.10E+07	0.1	2.0E+11	1.8	0.080	2.00E+11	4.0E+11	Traineau and Westercamp (1985)
Pelec P2	Martinique	2010 YBP	Rhyodacite	22	3.20E+07	0.1	2.0E+11	1.7	0.080	2.00E+11	4.0E+11	Traineau and Westercamp (1985)
Mount St. Helens	United States	1980	Dacite	19	1.90E+07	0.3	6.3E+11	9.1	0.03	8.88E+10	7.1E+11	Carey and Sigurdsson (1985)
Katmai	United States	1912	Rhy./Dac.	32	1.70E+08	3.5	8.8E+12	14.4	6.50	1.63E+13	2.5E+13	Fierstein and Hildreth (1986)
Askja	Iceland	1875	Rhyolite	26	7.90E+07	0.3	8.0E+11	2.8	0.03	8.88E+10	8.9E+11	Sparks <i>et al.</i> (1981)
Fogo	Azores	1563	Trachyte	19	1.90E+07	0.4	1.1E+12	15.4	N.R.	N.R.	1.1E+12	Walker and Crossdale (1973)
Fogo A	Azores	4600 YBP	Trachyte	30	1.00E+08	1.7	4.3E+12	12.0	N.R.	N.R.	4.3E+12	Walker and Crossdale (1973)
Vesuvius	Italy	A.D. 79	Phonolite	32	1.50E+08	2.1	5.1E+12	9.5	0.37	9.25E+11	6.1E+12	Sigurdsson <i>et al.</i> (1985)
Avellino	Italy	3 500 YBP	Phonolite	30	1.00E+08	0.7	1.7E+12	4.7	N.R.	N.R.	2.0E+12	Pescatore <i>et al.</i> (1987)
Campanian Tuff	Italy	36 000 YBP	Trachyte	44	3.20E+08	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	2.7E+14	Sigurdsson and Carey (unpublished)
												Cornell <i>et al.</i> (1983)

Carey, *et al.* "Intensity of plinian eruptions" *Bull Volcanol* vol. 51, 28-40 (1989)

参考5(計算結果の一例)

<計算例>

- 堆積量：15cm
- 粒径分布(以下の4つのCase)
Case1：0.070cm(100%)、Case2：0.050cm(100%)、Case3：0.025cm(100%)
Case4：0.070cm(25%)、0.050cm(50%)、0.025cm(25%)
- 終端速度：1.1m/s(0.070cm)、0.8m/s(0.050cm)、0.5m/s(0.025cm)



※参考とした粒径分布

樽前山起源の火山噴出物(Ta-a)
火口から約100kmの地点(占冠付近)での中央粒径
(実測値)は、2~3φ(0.0250cm~0.0125cm)

降灰継続時間を12~24時間と考え、
降灰継続時間が12時間の場合の平均濃度は、3~7g/m³
降灰継続時間が24時間の場合の平均濃度は、2~4g/m³

参考6(終端速度と堆積量からの気中平均濃度の算出)

<計算式>

原子力発電所敷地に堆積した降下火砕物重量、降下火砕物の粒径から推定する終端速度、及び降灰時間を仮定して、気中平均濃度の算出する式を以下に示す。

$$C(g/m^3) = \frac{V(g * s^{-1} * m^{-2})}{r(m * s^{-2})} = \frac{Wt * t^{-1}}{r}$$

C: 気中降下火砕物濃度(g/m³)

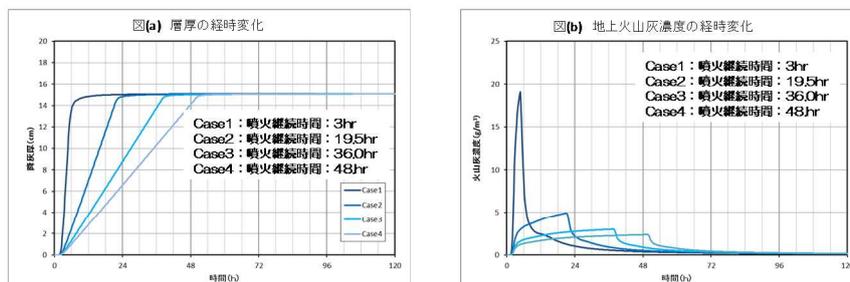
V: 単位表面積当たりの降下火砕物堆積速度(g/s)

Wt: 単位表面積当たりの降下火砕物堆積量(g/m²)

r: 降下火砕物の終端速度(m/s)

t: 降灰時間(s)

参考7 (FALL3Dによるモデル計算結果)

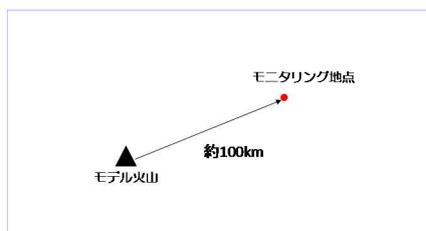


<計算結果>

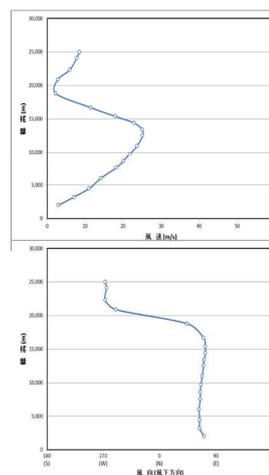
- 噴火継続時間と降灰時間は同等。
- 噴火継続時間が長くなるほど、降灰継続時間は長くなり、最大濃度も希薄になる。
- 最大濃度以降は急速に濃度が低下し、その後、緩やかに濃度は減少する。ただし、気中濃度は長時間低下しない（細粒の遅延降下）。
- いずれの条件においても、気中濃度は1～2日程度数g/m³が継続する。

参考8 モデル計算における条件設定

- モデル計算の対象とする火山は、火山から100km程度の離れた地点で15cm程度の降灰を想定。
- モデル噴火として、VEI5クラスの噴火（噴出量：6.2km³）相当規模の降灰）を想定。
- モデル計算に用いる高度別の風速・風向は、モデル火山からモニタリング地点方向へ吹く右図の風を使用した。また、解析範囲内はすべて一定の風向・風速条件とした。



左図 モデル火山とモニタリング地点の位置関係



右図 風向・風速データ

参考9 モデル計算で設定したパラメータ

<モデル計算に用いるパラメータ設定の考え方>

- 総噴出量 (M : kg)
 - ⇒密度は1000 kg/m³とし、噴出体積 (6.2km³) を重量に変換し、6.2×10¹²kgとした。
- 噴煙柱高度 (H : km)
 - ⇒V日5クラスの噴煙柱高度 (25km< ; 下鶴ほか編,2008) を参考に25kmとした。
- 噴出率 (Q : kg/s)
 - ⇒噴煙柱高度から噴出率が算出可能なMastinモデルを採用した。Mastinモデルでは噴煙柱高度 (H : km) と噴出率には (式1) に示す関係があるとされており、この式から、噴出率を求めた結果、8.8×10⁷kg/sとなる。

$$Q = \left(\frac{H}{0.304}\right)^{\frac{1}{0.241}} \quad \text{(式1)}$$

- 噴火継続時間 (t : s)
 - ⇒総噴出量 (M : kg) 及び噴出率 (Q : kg/s) は (式2) に示す関係が成立していることから、約19.5時間とした。

$$M = Q \times t \quad \text{(式2)}$$

なお、噴煙柱高度25kmの場合、噴出率は10⁷~10⁹kg/s程度の幅が見込まれる (図参照) ことから、噴火継続時間を約3~48時間とした。

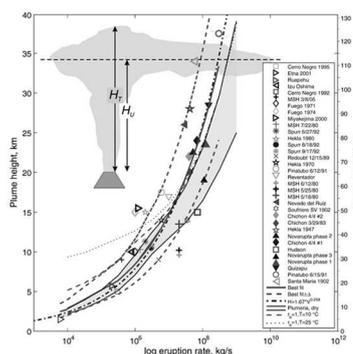


図 噴煙柱高度と噴出率の関係 (Mastinほか2009)

参考10 計算に用いた入力値と実現象で考慮すべき点の比較

	入力値	実現象としては…	入力値の保守性
風向・風速	モニタリング地点へ向かう一定風	一定ではない	軸上が最も保守的*
噴出量	6.2km ³ と仮定	正確な噴出量の予測は困難	サイトにおける過去の最大噴出量
噴煙柱高度	25kmと仮定	条件等で幅がある	—
噴火継続時間 (※噴出率にも相当)	3、19.5、36、48時間の4ケースを仮定	噴火条件等である程度の幅がある	高濃度が短時間継続するケース or 低濃度が長時間継続するケース
粒径分布	中央粒径4.5φ 標準偏差3φと仮定	どのような粒径分布になるか不明	—
密度	岩片2500kg/m ³ 軽石1000kg/m ³ と仮定	どのような密度になるか不明	一般的な岩片・軽石の密度の範囲内の値である
拡散係数	水平方向拡散係数 5000m ² /sと仮定	—	—
各種モデルの選択	適宜選択	—	すべてのモデルを組み合わせて計算

* 今回のモデル計算では、気中濃度は軸から1/16変化 (例 : 東北東→東) すると約1/10になる。

気中降下火砕物に対する規制上の考え方(案)

