

1-3-1 大規模噴火時の下水道管内における火山灰の挙動に 関する基礎調査について

計画調整部 技術開発課 市川□吉洋
鈴木□秀典
萩原□徹

1. □背景

□平成30（2018）年度に内閣府中央防災会議において、「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキング」が発足し、富士山噴火の際には東京都内にも降灰被害が発生するとの想定が報告された。

□宝永4（1707）年11月に発生した宝永大噴火では（図1）、江戸にも最大で5cmの降灰があったと記録されており、この報告によると同規模の噴火を想定した場合、図2に示す通り、都内では2cm～10cmの降灰が予測されている。降灰が0.5cm～1cm以上になると、道路や鉄道などの交通網や上水道、人体への影響が、顕著に現れる傾向になる。中でも、下水道管では、1mm前後の降灰後に、降雨により灰が下水道管内に流入し、管路が閉塞するおそれがあり¹⁾、灰の成分と水との化学反応により固結するため、突き崩すのが困難となる可能性もある。

□また、東京都区部の約8割が合流式下水道で整備されており、管路が閉塞した場合、トイレや台所、お風呂等が使用できなくなる公衆衛生の悪化に加え、降雨時に雨水の行き先がなく、浸水被害が発生するおそれがある。

□しかし、下水道管内での火山灰の挙動に関しては既往研究がなく、下水道管内に侵入した火山灰の除去方法についての知見が得られない状況にある。

□そこで、火山灰による閉塞を解消する手段の検討を行う必要があり、火山灰の性状や降灰時の下水施設に与える影響や、火山灰が下水道管内に侵入した際の挙動に関する化学的・力学的な調査を行った。

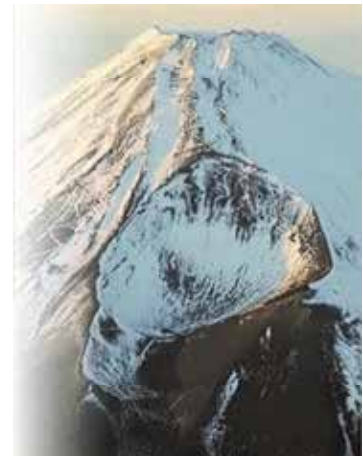


図1 宝永大噴火でできた火口

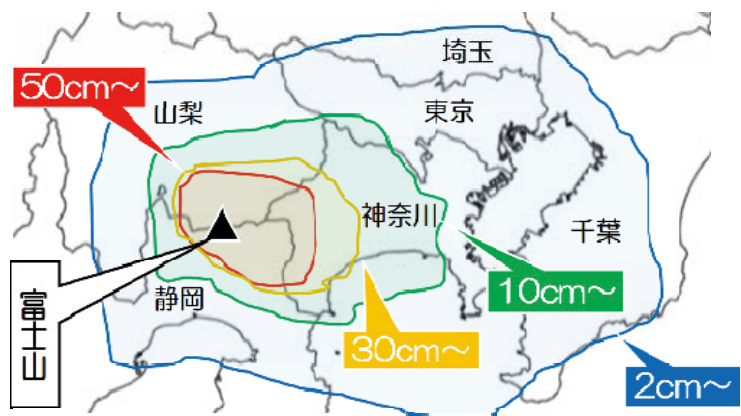


図2 内閣府による降灰予測

2. □ 検討計画

2.1 □ 事前の情報整理

2.1.1 □ 火山灰の性状に関する文献調査

□ 火山灰の性状および下水道管内に与える影響等について、文献を収集整理し、火山灰に対する基礎資料の整理を行った。その結果、火山の噴火履歴や噴火による被害状況などをまとめた資料、火山灰の性状、火山灰の到達予測、ハザードマップ、降灰時の交通への影響などに関する資料を収集することができた^{2)、3)}。

□ 一方、下水道管内に与える影響に関しては、下水道管内に火山灰が流入し閉塞した事例はあったが、その時の被災の程度や除去方法等の文献は収集できなかった。

2.1.2 □ 地震時の液状化による下水道管への砂の流入に関する調査

□ 火山灰と類似の状況として、地震時の液状化による下水道管への砂の流入について、事例を調査した。

□ 平成23(2011)年3月に発生した東北地方太平洋沖地震において、東京都江東区や千葉県浦安市でも液状化により土砂が下水道管内に侵入して堆積し、流下機能の阻害が発生した(図3)。

□ また、下水道管内に堆積した土砂は、時間の経過とともに固まり、高圧洗浄車による除去が困難であった(図4)。下水道管内にノズルを入れ、高圧洗浄や吸引による堆積土砂の除去に当たったが、土砂が硬く、除去に多くの時間を費やすことになった。

□ このことから、火山灰については、雨水や路面洗浄水等とともに、ます等から下水道管内に侵入した場合、土砂以上に除去困難になる可能性があると考えられる。



図3 □ 人孔の堆積土砂



図4 □ 高圧洗浄車

2.1.3 □ 桜島の火山灰について

□ (1) 鹿児島市での現地調査

□ □ 文献調査において、火山に関する「富士山」以外の論文等では、近年繰返し噴火が発生している「有珠山」、「浅間山」、「阿蘇山」、「霧島山」、「桜島」に関するものが多く、その中で、鹿児島県の桜島は、市街地に降灰をもたらしていることから、最適な調査対象である考え、鹿児島市にて現地調査を行うこととした。

□ □ 鹿児島市役所にご協力をいただき、ヒアリング、鹿児島市内の下水道関連施設および桜島での現地調査を行った。

□ (2) 調査結果

□ □ 鹿児島市では、想定される降灰量が0.1mm～1mm/回と少ないことや(図5)、分流式下水道を採用していることから、污水管に火山灰が流入することは基本的にないとのことであった。

また、噴火の頻度が高いことから降灰後の道路清掃は直ちに行われ、市民にも火山灰を下水道に流すことなく回収する意識が浸透している。民地内に火山灰が堆積した場合、市民は市から配布される克灰袋に宅地内の降灰を入れて指定置場に出し(図6)、灰は市が廃棄物として適切に処分している(図7)。

□ □ 道路に堆積した火山灰は、路面清掃車によって吸引し、除去していることから(図8)、雨水管への灰の侵入はほとんど無く、平成25(2013)年に大規模な噴火の際にも、下水道施設への被害は無かったとのことであった。



図5 □ 噴煙の状況 (鹿児島市)



図6 □ 噴煙の状況 (鹿児島市)



図7 □ 灰の集積状況



図8 □ 清掃車 (灰を吸引)

2.2 □ 火山灰の土質分析

□ 富士山噴火時には都内での降灰量が2cm～10cmと鹿児島市に比べて多いことや、合流式下水道を多く採用していることから、雨水ますから下水道管内に灰が侵入することが考えられ閉塞が想定される。

□ そのため、降灰が下水道管に与える影響を予測するための試験を行うこととした。

□試験に先立ち、一定量の入手が可能な桜島の火山灰を用い、富士山火山灰との特性の比較を行った。その後、管内で灰と汚水が混合した場合の特性の変化を確認する試験を行った。

2.3□富士山と桜島との火山灰の比較

□富士山と桜島との火山灰の性状や相違点を把握するため、まず、富士山火山灰の性状について論文等の収集整理を行った。次に、桜島の火山灰の粒度試験及び成分分析を行った。

2.3.1□粒度分布

□鹿児島市で収集した火山灰と、宝永大噴火の噴火初日に江戸で採取された火山灰（以降、富士山）、平成20（2008）年に桜島島内を含む鹿児島市内で採取した火山灰（以降、桜島（2008年））を分析した文献^{4）、5）}との比較を行った結果、粒度分布に関しては、富士山の粒度分布と同じような形状の曲線であるが、富士山よりも少し粗い粒径を含む同じような粒度分布であった（図9）。

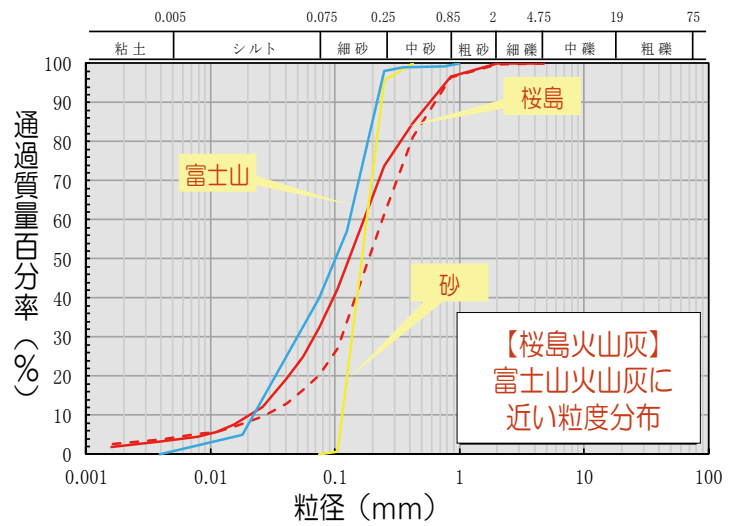


図9 灰の粒度分布

2.3.2□化学組成

□火山灰の化学組成を分析した結果、 SiO_2-CaO 、 SiO_2-Na_2O 、 SiO_2-K_2O の灰の成分比較より、化学組成は、富士山や桜島（2008年）の一例の範囲内にあることが確認できた（図10、図11、図12）。

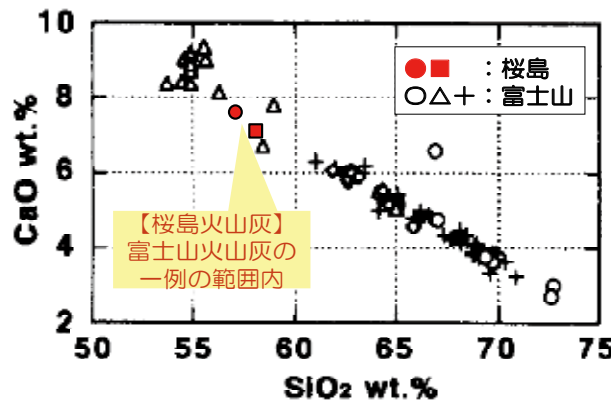


図10 灰の成分比較 (SiO_2-CaO)

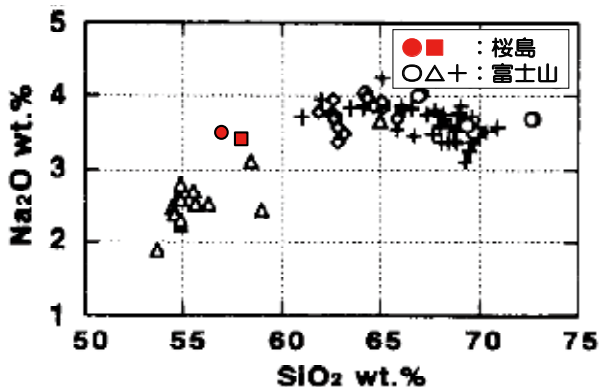


図11 灰の成分比較 (SiO_2-Na_2O)

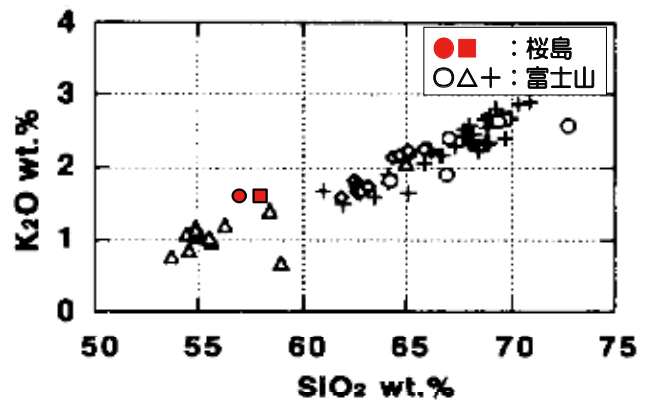


図12 灰の成分比較 (SiO_2-K_2O)

3. □試験方法

□今回の試験は粒度分布が近いことや、採取した桜島の灰の主成分が一例の範囲内に含まれることから、桜島で採取した火山灰を用いて、汚水と混合した火山灰の硬度試験や流水状況試験を行った。これにより、火山灰の特性を把握することで、火山灰が下水道管内に入った際の硬さや挙動の予測をした。

3.1 □硬度試験

□火山灰が汚水と混合した時の含水比に対する硬度を確認するため、図13に示す通り、硬度試験を行った。

試験の概要は以下のとおりである。

- (1) 0.18m²程度の容器を2個用意し、一方に火山灰、もう一方に砂（豊浦標準砂）を、それぞれ高さ9cmまで入れる。
- (2) 容器に汚水を水浸させ、それぞれを湿潤状態にした後に排水する。
- (3) (2)を1セットとし、全部で4セット用意する。4セットをそのまま放置し、1日後には1つ目のセット、3日後には2つ目のセット、7日後、21日後に、土壤硬度計を用いて土の硬度を5点計測する。

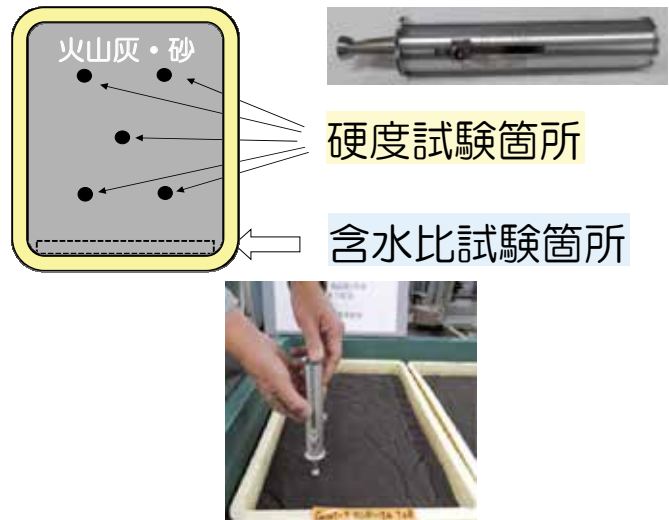


図13 硬度試験の様子

□□□また、含水比試験も同時に行う。

3.2 □流水状況試験

□次に、硬くなった火山灰等の表面を水がどのように流れるか、図14に示す通り、流水状況試験を行った。

- (1) 硬度試験及び含水比試験終了後、試験体の表面に水を流し、水が流下する状況を動画□□で撮影した。流す水の量および時間はあらかじめ確認しておき、すべての容器に同量□□を流した。
- (2) 傾斜台の傾きは30度とし、水の流れ方の違いなど、表面の状況を確認した。

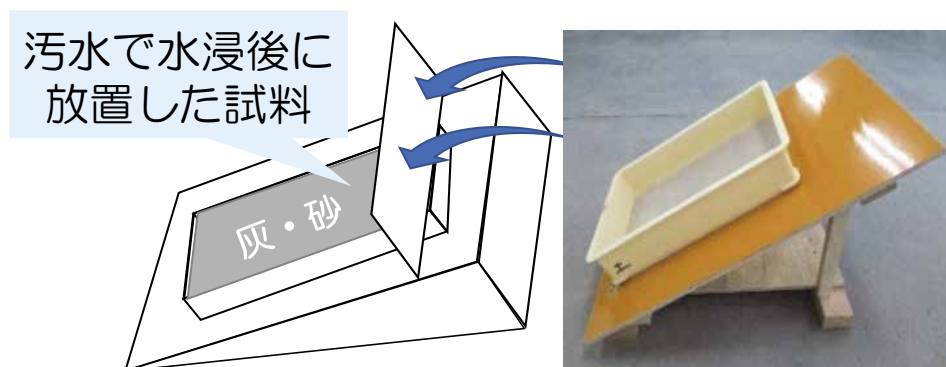


図14 流水状況試験の様子

4. □試験結果および考察

4.1 □試験結果

4.1.1 □硬度試験

□火山灰及び砂は汚水と混合した後、硬度が高くなり、7日目では、火山灰の硬度が砂に比べて高くなった(図15)。

□また、火山灰が水道水と混合した時の硬度の確認も行った。7日目では、汚水ほどではないが、火山灰の硬度が高くなった。

□よって、下水道管内へ大量の火山灰が侵入した場合、砂よりも硬く締まり、高圧洗浄では除去が困難になる可能性があることから、除去技術を検討する必要があると考えた。

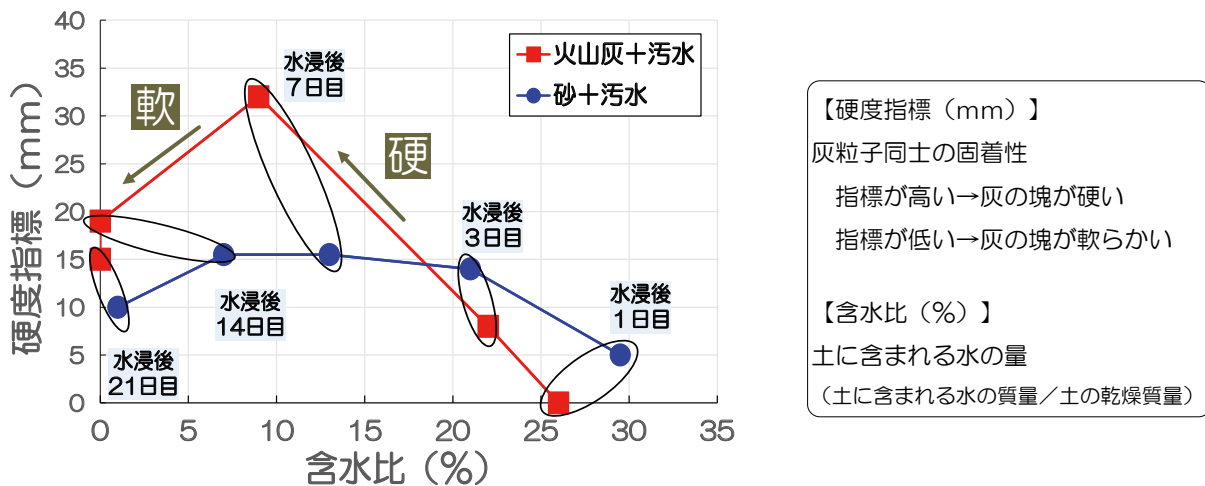


図 15 硬度試験の結果

4.1.2 □流水状況試験

□硬度が高くなる7日目では、砂は流水が浸透する様子が見られたが、火山灰は灰の表面を水が流れた。いずれも侵食されにくい様子であった(図16)。

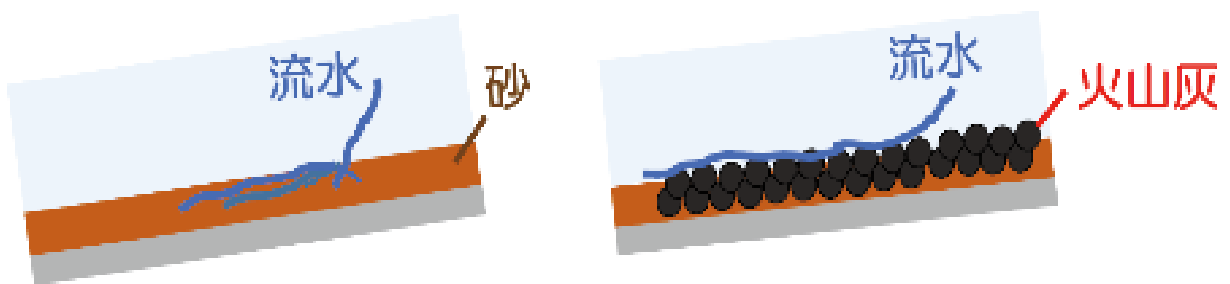


図 16 流水状況試験の結果

4.2 □考察

□今回の硬度試験や流水状況試験により、下水道管内へ大量の火山灰が侵入した場合、砂よりも硬く締まり、雨水や洗浄水等では表面を流れるだけで、除去が困難な可能性が高い結果となった。

□このことから、下水道管内で固結した土砂や火山灰を速やかに除去できる技術の検討が求められる。

5. □今後の課題

5.1 □ハード対策

□ハード面からの対策として、下水道管内に流入した火山灰の除去技術について、高圧洗浄に加え、効果のあると思われる技術の検討を進めていく。

こちらについては、令和3（2021）年9月に策定した「技術開発推進計画2021」の1テーマとして、「震災時等の管路施設内の流入土砂や火山灰を除去する技術」について設定している⁶⁾。

5.2 □ソフト対策

□ハード対策の除去技術の検討に加えて、下水道管内へ火山灰を入れないためのソフト対策も重要である。例えば、道路管理者との連携により、道路上の火山灰は路面清掃車が回収する仕組みづくりを行ったり、区との連携により民地の火山灰の集積場の整備を行ったりすることが挙げられる。また、道路上のますなどから下水道管内へ火山灰を入れないように都民や関係者へ啓発も必要となる。

□さらに、下水道管内へ火山灰が侵入した場合の対策として、下水道局では、速やかな緊急配備態勢の構築や清掃作業等の被災後の準備を進めていくことも必要である。

参考文献

- 1) 内閣府：大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ、平成30（2018）年
- 2) 富士山ハザードマップ検討委員会 内閣府：富士山火山防災マップ、平成16（2004）年
- 3) 気象庁：降灰の影響及び対策、平成24（2012）年
- 4) 日本火山学会：江戸市内に降下し保存されていた富士宝永噴火初日の火山灰、火山第47巻、平成14（2002）年
- 5) 日本火山学会：火山灰から見た2008年の桜島昭和火口の再活動過程、火山第55巻、平成22（2010）年
- 6) 技術開発推進計画2021、東京都下水道局計画調整部技術開発課、令和3（2021）年