

1-3-1 火山灰等により閉塞した管きよの復旧技術に関する

基礎調査について

計画調整部 技術開発課 宮野 翔馬

1. 背景

令和2（2020）年度に内閣府中央防災会議において、富士山の宝永噴火（宝永4（1707）年）と同規模の噴火を想定した、降灰のシミュレーション結果（図1）が公表された。そこでは、都内において2～10cm程度の降灰が予想されている。また上下水道等への被害想定では、下水道において、「1mm前後の降灰後に降雨があると、灰が下水道管内へ流入し管路が閉塞するおそれ」、水道については、「原水の水質悪化により、給水制限や断水のおそれ」が指摘されている¹⁾。これらより、降灰により都内の下水道管が閉塞する可能性がありながらも、給水制限や断水により、高压洗浄を用いた閉塞の解消が困難となるおそれがある。

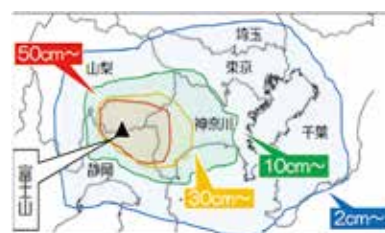


図1 宝永噴火と同規模の噴火を想定した降灰予測

なお、都の「TOKYO強靱化プロジェクト」においても、東京に迫る5つの危機のひとつとして、火山噴火が挙げられている²⁾。

また、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震では、都区部の湾岸地域において液状化現象が発生し、土砂が下水道管内に流入して詰まり、時間の経過とともに水締め効果により固結した。（写真1）このため、高压洗浄による土砂の撤去を行ったが、これに多くの時間を要した³⁾。



写真1 人孔内における土砂の固結状況

2. 管きよ復旧技術の候補選定

管きよ復旧技術には、求められる条件が2点挙げられる。

2.1 管きよ復旧技術に求められる条件①

管きよ復旧技術に求められる条件の一つ目は、水を使用しないまたは使用量が少ないことである。火山噴火や震災時には、浄水場における降灰による原水の水質悪化やろ過池の機能低下、停電による給水制限や断水の可能性が指摘されている。

昭和53（1978）年に発生した有珠山の噴火の際には、約1cmの降灰があった近隣の浄水場で、火山灰がろ過用の砂に付着して目詰まり状態となり、ろ過ができなくなった。この結果、給水地の全戸への給水が停止している。

2.2 管きよ復旧技術に求められる条件②

管きよ復旧技術に求められる条件の二つ目は、硬く固結した火山灰や土砂を管きよ施設から撤去搬出が可能であることである。土砂や火山灰は下水道管内で水を含んだのち、水

締め効果により、硬く締まる。特に火山灰の場合には、粒子が角ばっており、粒子同士の摩擦が大きく、また細粒分が多いことから、密に詰まり、硬く固結することが分かっている。(図 2～3)

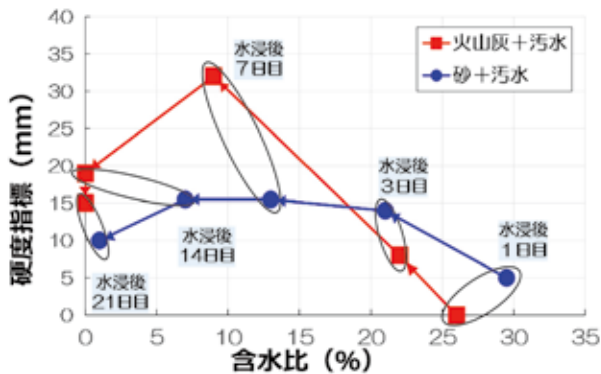


図 2 火山灰と豊浦標準砂の含水比と硬度指標の推移

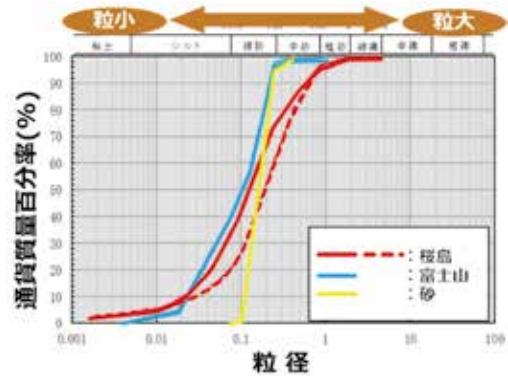


図 3 火山灰（富士山⁴⁾、桜島）と豊浦標準砂の粒度分布

2.3 管きよ復旧技術の選定結果

これらの求められる条件を踏まえ、管きよ施設別に 2～3 工法を管きよ復旧技術の候補として選定した。

2.3.1 本管に適用する技術の候補

本管に適用する技術の候補として、以下の 3 工法を選定した。(図 4)

工法名	一重さや管ボーリング工法	自走式貫孔工法	既設人孔取付部耐震化工法
施工イメージ			

図 4 本管に適用する技術の候補

- ・一重さや管ボーリング工法
オーガを回転させながら管内へ推進させ、内部に堆積した火山灰等を排出する。
- ・自走式貫孔工法
自走式貫孔機を圧縮空気により打撃しながら火山灰などの中を進み、貫通させる。この工法では管内の火山灰等の排出ができないため、高圧洗浄と併用する。
- ・既設人孔取付部耐震化工法
機器にオーガを接続し、一重さや管ボーリング工法と同様に、回転させながら管内へ推進させ、内部の火山灰等を排出する。

2.3.2 取付管に適用する技術の候補

取付管に適用する技術の候補として、図 5 の 2 工法を選定した。

工法名	外部穿孔カッター工法	超高速回転クリーナー工法
施工イメージ		

図 5 取付管に適用する技術の候補

- ・外部穿孔カッター工法

機器先端で回転するカッター刃により固結した火山灰等をほぐし、吸引ホースにより管外へ排出する。通常は、取付管内の異物除去や本管を外部から削孔する作業に用いられている。

- ・超高速回転クリーナー工法

機器先端で回転するドリルとチェーンにより固結した火山灰等ほぐし、吸引ホースにより管外へ排出する。通常は、排水管や下水道管内の油脂や木の根などの除去に用いられている。

2.3.3 人孔に適用する技術の候補（図6）

人孔に適用する技術の候補として、以下の2工法を選定した。

- ・アースオーガ掘削工法

バックホウにオーガを取り付けて回転させ、人孔内の火山灰等の排出を行う。

- ・水中スクラッチャー工法

アーム先端のバケットで人孔内の火山灰等を排出する。通常は伏越人孔の清掃に用いられる。

工法名	アースオーガ掘削工法	水中スクラッチャー工法
施工イメージ		
	バックホウ 吸引車 排出方向 取付オーガ 施工状況	水中スクラッチャー ダンプ車 排出方向 バケット 施工状況

図6 人孔に適用する技術の候補

3. 試行の実施

先に選定した7つの管きよ復旧技術の候補から、管きよ施設別に最も優れる工法を選定するために、それぞれの工法を実規模施設にて試行した。

3.1 試行施設

試行にあたっては、地上に本管、取付管、人孔それぞれの模擬施設（写真2～4）を設置し、それぞれの内部に液状化土砂を模した川砂を充填後、本管と取付管では水締め、人孔では転圧棒による突き固めを行った。なお、取付管の試験には、桜島の火山灰も併せて充填し、試行を行った。



写真2 模擬本管



写真3 模擬取付管



写真4 模擬人孔

3.2 試行結果

管きよ復旧技術の候補の試行結果を図7～9に示す。


	一重さや管ボーリング工法	自走式貫孔工法	既設人孔取付部耐震化工法
利点	・土中を推進する工法であることから、安定した施工が可能	・施工速度が大きい (管きよL=10mで約13分) ・管ズレに対応可能	・施工機器のパーツの交換が行いやすく、汎用性が高い
欠点	・インバートの研りが必要 ・施工速度が小さい (管きよL=10mで約2時間)	・管内の火山灰等の中の空洞に施工機器が入ると、停止してしまう ・施工者が少ない(関東に2業者) ・1号人孔での施工が不可 ・管内の火山灰等の排出ができないため、高圧洗浄の併用が必要	・インバートの研りが必要 ・施工速度が小さい (管きよL=10mで約6時間) ・機器本体が不安定になる 

図 7 試行結果 (本管)

	外部穿孔カッター工法	超高速回転クリーナー工法
利点	・施工時の管きよの損傷が少ない (塩ビ管に僅かな傷が発生)  一施工後の管内状況	・機器先端で回転するドリルとチェーンが、固結した火山灰等を円滑にほぐすことができ、推進性が高い (取付管L=2.0mで約0.5時間)  一機器先端のドリルとチェーン
欠点	・機器先端がカッター形状であり、固結した火山灰等をほぐすことに時間を要する (取付管L=2.0mで約1時間)  一機器先端のカッター部	・管内での推進性が良いことから、ほぐした火山灰等に機器先端が埋もれ、動かしにくくなる。  一施工中の様子

図 8 試行結果 (取付管)

	アースオーガー掘削工法	水中スクラッチャー工法
利点	・施工機器が多数普及している  バックホウ オーガ	・バケットを垂直に人孔へ降ろすことができ、足掛金物などを損傷しづらい。 ・バケット先端を確認しながら施工が可能 ・火山灰等を車面へ直接積込むことが可能  コントローラー バケット 人孔
欠点	・人孔から排出した火山灰等を別途車両へ積み込む作業が必要 ・人孔内の火山灰等が少なくなるほど、施工効率が低下する。	・人孔深にかかわらず、ブームを上空へ大きく伸ばすため、架空線に注意が必要 ・施工機器が少ない (都内に5台)

図 9 試行結果 (人孔)

本管では、既設人孔取付部耐震化工法において、施工にあたりインバートの研りを要すること、施工速度が小さいこと、機器本体が不安定なことなどの欠点が見られたものの、施工機器のパーツの交換が容易であり、汎用性が高いという利点が見られた。今後の改良を見据え、本管の復旧技術として既設人孔取付部耐震化工法を選定した。(図 7)

取付管では、超高速回転クリーナー工法が、機器の推進性が良いことが確認できた。一方施工中に機器がほぐした火山灰などに埋もれてしまう状況が確認されたが、これについては、今後改良の余地があると考え、取付管の復旧技術として選定した。(図 8)

人孔では、水中スクラッチャー工法で、足掛金物などを損傷しづらいことや、人孔内の様子を確認しながらの施工が可能なことなどの利点を確認された。これらの利点や、アースオーガー掘削工法の欠点である施工性の低さを踏まえ、水中スクラッチャー工法を人孔の復旧技術として選定した。(図 9)

4 今後の取組

先に選定した管きょ復旧技術のうち、既設人孔取付部耐震化工法と超高速回転クリーナー工法について、試行の結果を踏まえ、今後以下の改良を行うこととしている。なお、水中スクラッチャー工法は、現状の機器で対応可能と判断した。

既設人孔取付部耐震化工法では、施工時の課題として、人孔のインバートの撤去が必要な点、本管 10m の清掃に約 6 時間を要する点、施工中の機器がオーガを回転させるトルクを受け不安定となる点が挙げられる。そのため、人孔のインバート撤去の不要化または最小限化、施工時間の短縮、機器を据える架台の改良に取り組むこととしている。

超高速回転クリーナー工法では、施工時の課題として、機器先端の回転ドリルが火山灰等に埋もれ、動かしにくくなる点が挙げられる。そのため、機器先端の回転部とほぐした火山灰等の吸引ホースの一体化に取り組むこととしている。

5 火山噴火対策の更なる展開

今回の基礎調査では、火山噴火による降灰などが管きょ内に流入した場合の管きょ復旧技術について、調査を行った。今後下水道における火山噴火対策の更なる展開として、下水道管へ火山灰を入れない対策を行うことと、下水道業務継続計画（下水道局 BCP）の改定が挙げられる。

5-1 下水道管へ火山灰を入れない対策

本論文では火山灰等により閉塞した管きょの復旧技術について述べたが、降灰により下水道管が閉塞することの無いよう、下水道管へ火山灰を入れない対策を行うことも重要である。対策の例として、道路管理者との連携による、降灰後の道路清掃による火山灰の回収、清掃事業者（区市町村）との連携による、火山灰の収集の仕組みづくり、火山灰を雨水枡などへ入れないよう都民へ広報を行うことが挙げられる。

なお、桜島の噴火により度々降灰がある鹿児島県鹿児島市では、各戸に「克灰袋」と呼ばれる火山灰の収集袋が無料で配布され、降灰があった際には市民が回収した灰を入れて、指定の集積場所へ出す仕組みが出来上がっている。（写真 5）

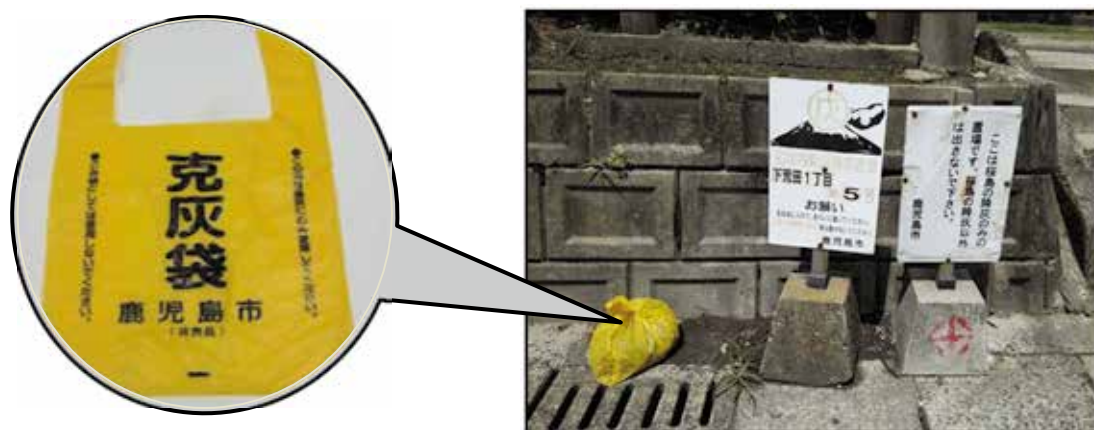


写真 5 克灰袋と灰の集積場所（鹿児島県鹿児島市）

5-2 下水道局業務継続計画（下水道局 BCP）の改定

「下水道局業務継続計画」、いわゆる「下水道局 BCP」は、大規模災害時に下水道施設等が被災した場合でも、下水道の機能を維持、回復することを目的とした計画であり、現行の BCP では大規模災害として、震災と風水害を想定している。火山噴火時の対策として、この下水道局 BCP に火山噴火時の対応についての記述の追加を行うことが必要である。

なお、国は下水道管理者による下水道 BCP の策定及び実行性を高める改善を支援することを目的とする下水道 BCP 策定マニュアルの改訂に着手し、大規模噴火による降灰対策についての記述を追加予定としている。早ければ令和 5 年 4 月にも改訂版をとりまとめている⁵⁾。

参考文献

- 1) 大規模噴火時の広域降灰対策について-首都圏における降灰の影響と対策-～富士山噴火をモデルケースに～（報告）、内閣府、令和 2（2020）年
- 2) TOKYO 強靱化プロジェクト～「100 年先も安心」を目指して～、東京都、令和 4（2022）年
- 3) 小段 辰彦：東北地方太平洋沖地震に伴う江東区新木場地区（管路施設）の液状化対策について、平成 23 年度設計・工事事例発表会、P. 3
- 4) 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、日本火山学会、平成 14（2002）年
- 5) 国交省 噴火リスク BCP に追記、日本下水道新聞、令和 4（2022）年 12 月 7 日、P. 1