

大規模噴火等を踏まえた下水道BCP の策定にあたり東京都の取組について

東京都下水道局
内田 博之

1

本日の発表の構成

- 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
- ② 火山灰の撤去搬出技術の検討
- ③ 東京都下水道局BCP<火山編>の策定に向けて今後反映していく内容や課題等

2

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

内容

①-1 背景

①-2 現状と課題

①-3 基礎試験の実施

①-1 背景

内閣府中央防災会議

【大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキング】

(平成30年度に発足)

- ▶ 富士山の宝永噴火(1707年)規模をモデルケースとして検討
富士山噴火の際、東京都内にも降灰被害が発生する想定
- ▶ 交通機関やライフライン等に影響が生じる閾値を整理
【下水道】1mm前後の降灰後に、降雨により灰が下水道管内に流入し閉塞するおそれ



1707年 宝永噴火

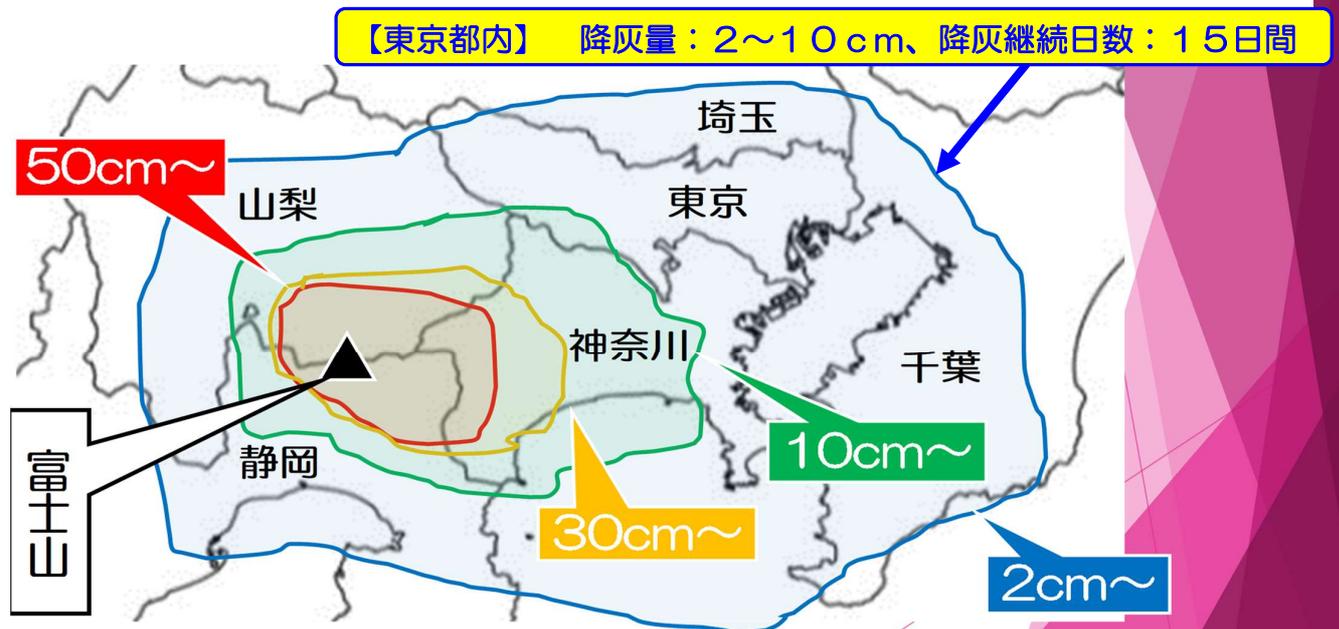
富士山噴火の歴史（8世紀～）

西暦	活動	概要
781	噴火	山麓への降灰、木の葉が枯れた
800～802	延暦噴火	大量の降灰、噴石
864～866	貞観噴火	溶岩流出、青木ヶ原樹海形成
937～1083	噴火	数十年おきに複数回の噴火を記録
1084～1434		約350年間噴火記録無し
1435	噴火	富士山に炎が見えた
1511	噴火	鎌岩が燃えた
1512～1706		約200年間噴火記録無し
1707	宝永噴火	約2週間爆発的な噴火、江戸にも降灰
1708～現在		約300年間噴火記録無し



内閣府中央防災会議

「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキング」



【例】宝永噴火と同程度の噴火を想定した降灰予想

①-2 現状と課題

鹿児島市（桜島）と東京都（富士山）の比較

【鹿児島市（桜島）】 ⇒ヒアリング調査

- 1mm以上の降灰（ドカ灰）は数年に1度
⇒想定される降灰量が少ない（約0.1～1mm）
- 分流式下水道を採用
⇒污水管には灰が侵入しにくい
- 道路上の火山灰は、清掃車により除去
⇒雨水管への灰の侵入はほとんどない



【東京都（富士山）】

- 想定される降灰量が多い（約2～10cm）
- 23区では合流式下水道を多く採用
⇒道路上のますから、雨水により
下水道管内に灰が侵入し、
閉塞することが考えられる



桜島噴煙(2013年8月20日)
鹿児島地方気象台



桜島噴火(2022年7月24日)
鹿児島地方気象台

下水道管への影響

火山灰が下水道管内に侵入して詰まり、閉塞により
流下機能が損なわれる可能性



課題

下水道管内の火山灰の挙動に関する既往研究が無く、
火山灰の除去方法の検討が困難



第一段階の検討

火山灰が下水道管内に侵入した際の硬さや挙動に関する検討

①-3 基礎試験の実施

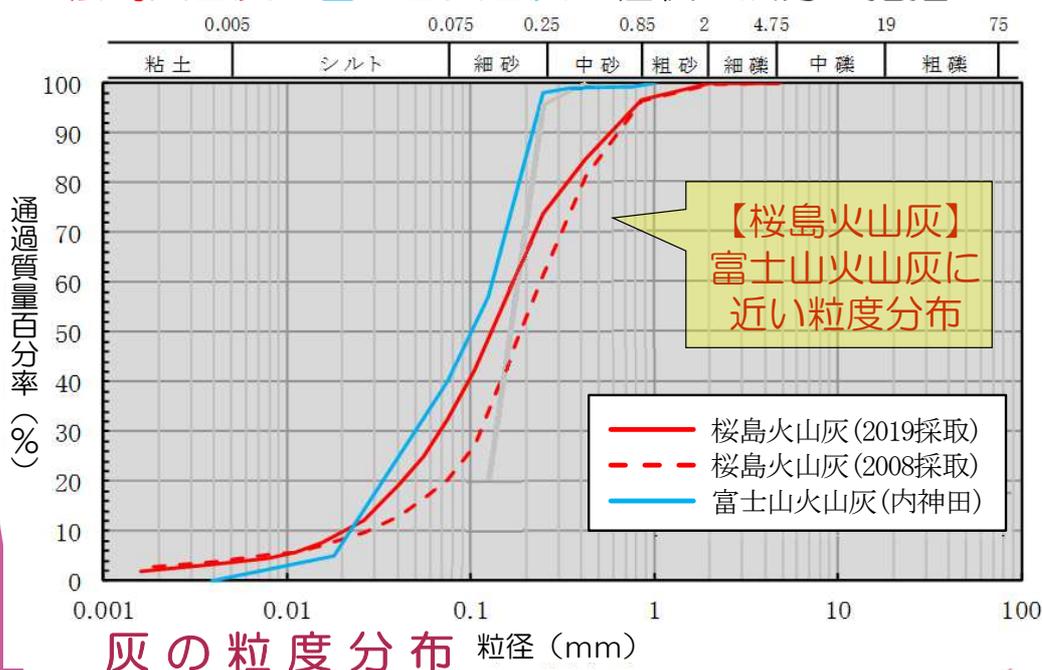
目的

下水道管内へ大量の火山灰が侵入した場合、砂と比較して除去が困難であるか調査

- I 灰の粒度分布・成分比較
- II 硬度試験
- III 流水状況試験
- IV 試験結果のまとめ

I 灰の粒度分布・成分比較

桜島火山灰と富士山火山灰の性状・成分の把握

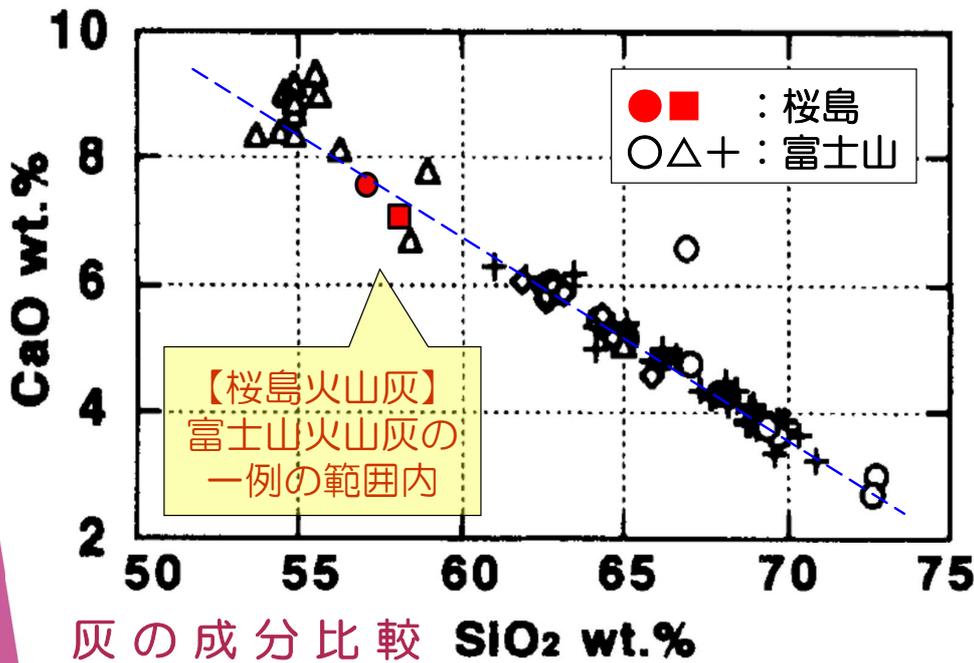


- 桜島火山灰は、降灰後に採取したものを分析（2008と2019の2か年分）
- 富士山火山灰は宝永噴火の際に千代田区内神田で降灰したものが保管されており、2002年に粒度分布の分析を行った文献（※）より引用

（※）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,2002,第47巻

I 灰の粒度分布・成分比較

【例】 SiO_2 -CaOの場合



●…桜島で採取した火山灰（2008）
■…桜島で採取した火山灰（2019）

○…御殿場市に降灰した富士山火山灰
△…市原市に降灰した富士山火山灰
+…千代田区内神田に降灰した富士山火山灰
（富士山火山灰は文献による）

桜島で採取した火山灰はいずれも富士山火山灰の SiO_2 -CaOの構成比の近似直線上と近い

(※) 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,2002,第47巻

I 灰の粒度分布・成分比較

- ・ 採取した桜島火山灰
- ・ 文献による富士山火山灰



本試験で用いる桜島火山灰の試料は、富士山火山灰の挙動予測に対して、ある程度の有意性があると見なせる

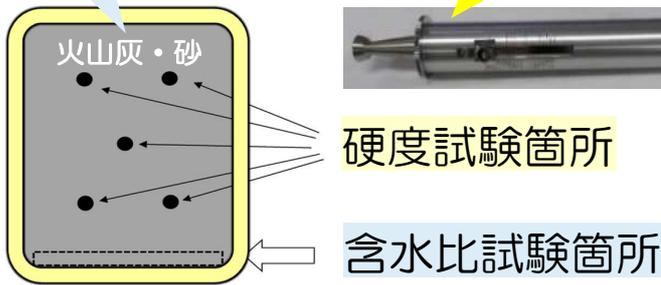
II 硬度試験

◆試験概要

桜島の灰の試料を用いて、火山灰や砂が汚水と混合した場合の硬さの変化を調査
 火山灰と砂を入れた容器に汚水を浸透させ、湿潤状態にした後、
 含水比と比較しながら土の硬度を計測
 (水を含むと固化しやすい石膏成分が火山灰に付着している場合の検討は除く)

試料を汚水で
水浸後に放置

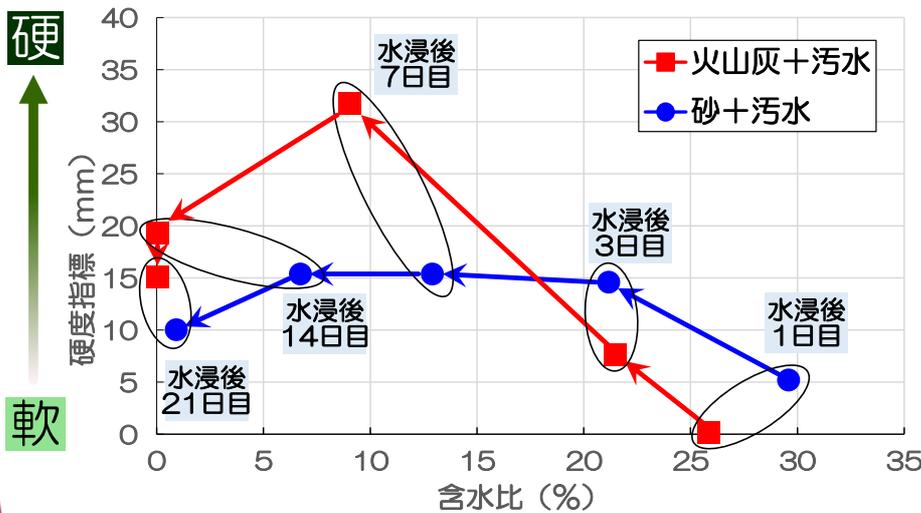
硬度計（圧入深さと反力
から測定可能）



17

II 硬度試験

◆試験結果



【硬度指標 (mm)】

灰粒子同士の固着性

指標が高い→灰の塊が硬い

指標が低い→灰の塊が軟らかい

【含水比 (%)】

土に含まれる水の量

(土に含まれる水の質量 / 土の乾燥質量)

- 火山灰や砂が汚水と混合した後、硬度が高くなった
- 水浸後7日目では、火山灰は砂に比べて硬度が高くなった

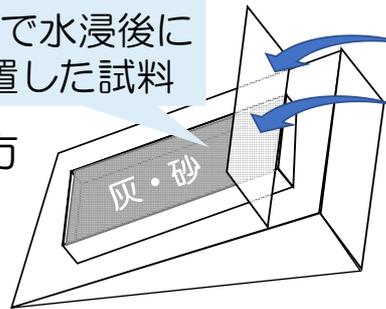
18

Ⅲ 流水状況試験

◆ 試験概要

桜島の灰の試料を用いて、火山灰や砂に流水させ、水の流れ方の違いなど、表面の状況を調査

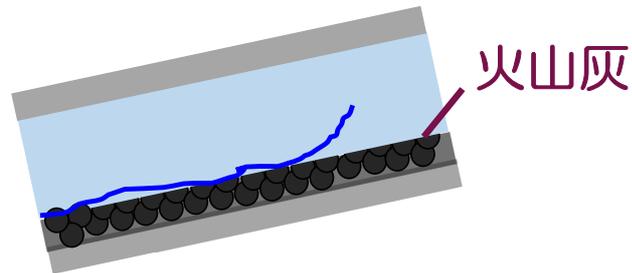
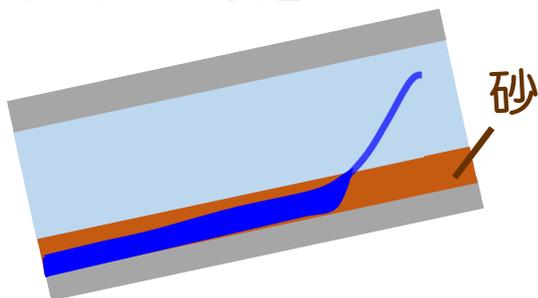
汚水で水浸後に
放置した試料



◆ 試験結果

【水浸後7日目】

火山灰と砂で大きな差は見られず、侵食されにくかった砂は流水が浸透したが、火山灰は灰の表面を水が流れた



Ⅳ 試験結果のまとめ

本試験における**硬度試験結果**及び**流水状況試験結果**
⇒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、雨水や洗浄水等による
流下はしにくく、除去が困難な可能性が高い

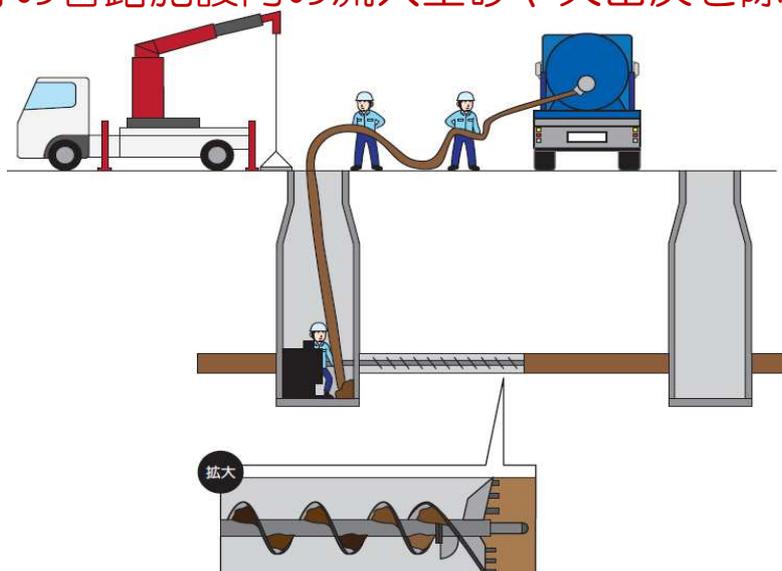


下水道管内で固結した土砂や火山灰を
速やかに除去できる技術の検討が求められる

② 火山灰の撤去搬出技術の検討

火山灰の撤去搬出技術の検討

- ▶ 火山灰の堆積による詰まり対策として、除去技術の検討
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



固結した土砂等を撤去する技術のイメージ

火山灰の撤去搬出技術の検討

火山灰の撤去搬出について、管路施設別に有効と考えられる技術を選定

【従来技術（高圧洗浄）による撤去搬出作業上の課題】

- ・ 時間経過や水締めによる固結・硬化（高圧洗浄による撤去不可の可能性）
- ・ 含水による重量化で搬出困難
- ・ 高圧洗浄用水の不足（降灰による給水制限や断水の可能性）



【新技術に求められる条件】

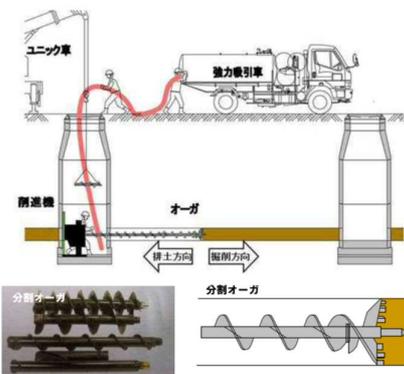
- ・ 水を使用しないまたは使用量を抑制できる工法
- ・ 固結した火山灰への対応が可能
- ・ 平常時の運用を踏まえ、既存機器のアタッチメントの交換程度で施工可能（専用機器を開発すると、機器の維持管理等が困難）

実証実験を実施した工法（実寸大の管路モデルで実際に除去実験）

（1）本管（3工法）

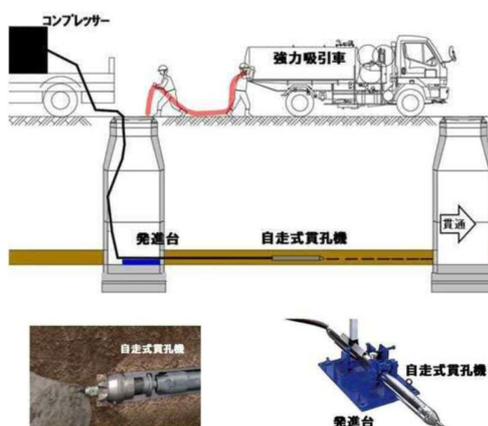
①一重さや管ボーリング工法

人孔内で小口径推進機によるオーガ回転掘進により掘削



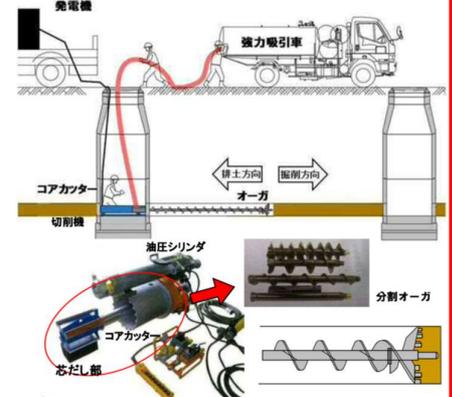
②自走式貫孔工法

圧縮空気により地層に圧密された小口径トンネルを作り閉塞区間を貫通、高圧洗浄で除去



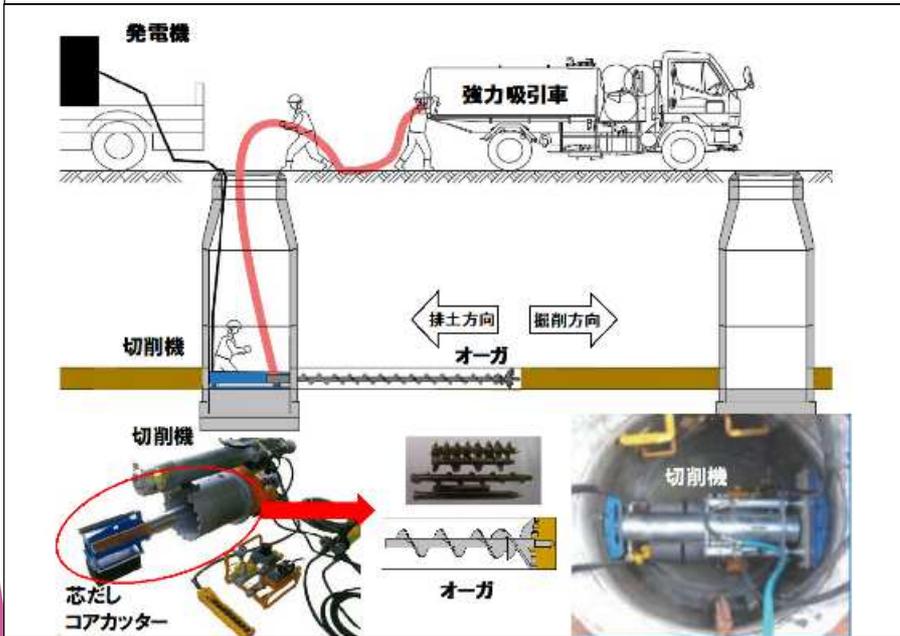
③既設人孔取付部耐震化工法

人孔管口切削機を改良しカッター部をオーガに切り替え掘削



実験の結果、選定した工法

既設人孔取付部耐震化工法



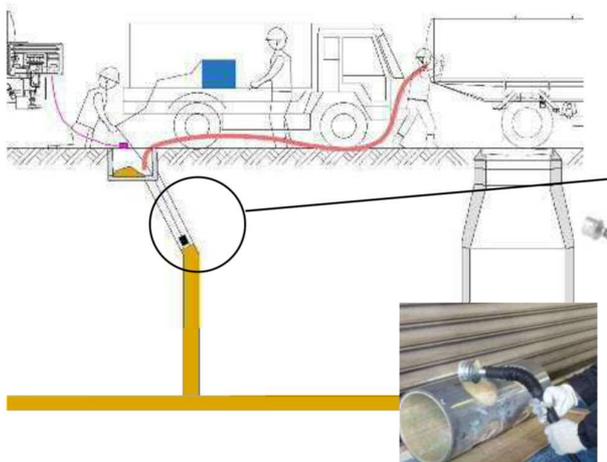
- 下水道局で開発した既設人孔耐震化工法（ガリガリ君）の切削機を改良して利用
- 切削機のコアカッターをオーガに付け替えて掘削

実証実験を実施した工法（実寸大の管路モデルで実際に除去実験）

（２）取付管（２工法）

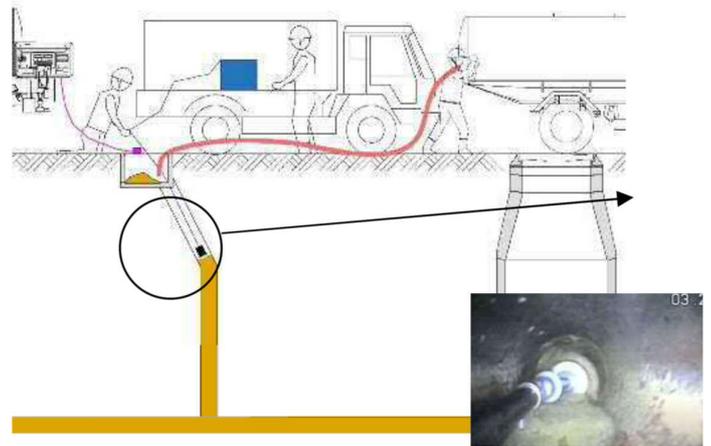
①外部穿孔カッター工法

柵からケーブルの先端に回転カッターを付けた機器を挿入し、土砂を切り崩し、ホースを挿入して吸引



②超高速回転クリーナー工法

柵から超高速回転ブラシを挿入し、土砂を切り崩し、ホースを挿入して吸引



実験の結果、選定した工法

超高速回転クリーナー工法



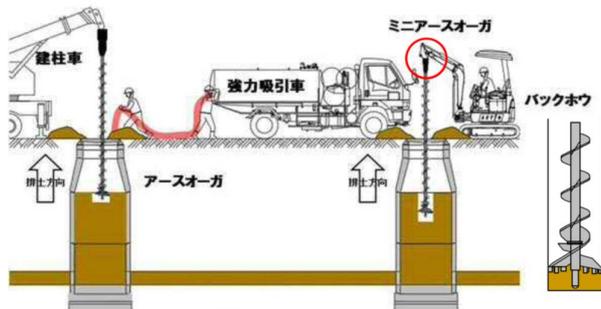
- 柵から**超高速回転ブラシ**を挿入して土砂を切り崩し、**バキューム**ホースを挿入して吸引
- 既設工法では機器が停止してしまっため、今後は先端の回転部の改良を図っていく

実証実験を実施した工法（実寸大の管路モデルで実際に除去実験）

（3）人孔（2工法）

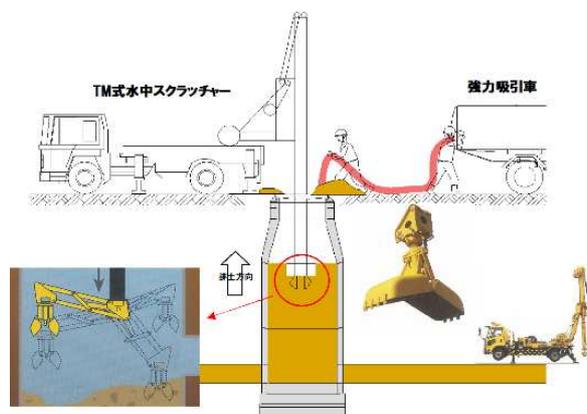
①アースオーガ掘削工法

開口部にオーガを挿入して掘削し、固化した土砂をほぐして吸引



②水中スクラッチャー工法

土砂をつかみ取ってダンプへ排土



実験の結果、選定した工法

都市強靱化プロジェクト（仮称）

論点02 これまでの到達点

<火山噴火への備え>

■島しょ部では、火山噴火による溶岩・泥流等に備えた砂防施設や、船舶による島外避難用施設の整備が進められてきた。

整備状況（令和3年度末）

>砂防堰堤等

- ・三宅島：49渓流で整備推進中
- ・伊豆大島：15渓流で整備推進中

>噴火避難用岸壁

- ・三宅島：整備完了
- ・伊豆大島：整備完了

■富士山の噴火に伴う降灰による被害については、東京都地域防災計画 火山編（平成30年修正）に、降灰予防対策、応急復旧対策に関する記載があるが、施設管理者ごとの火山灰の処理については、定められていない。

→島しょ部では噴火への備えが進んでいる一方で、富士山の降灰に関しては、迅速な都市機能の回復に向けた対策が具体化されていない。

島しょ部における火山噴火対策



砂防堰堤の整備



噴火避難用岸壁の整備

16

『「都市強靱化プロジェクト（仮称）」の策定に向けた論点』（東京都政策企画局HPにて公表）

▶東京都では、強靱で持続可能な都市の実現を目指し、『「都市強靱化プロジェクト（仮称）」の策定に向けた論点』を7月に取りまとめた

▶東京が直面する危機として、全庁的に火山噴火の対策を検討している

都市強靱化プロジェクト（仮称）

論点03 強靱化に向けて2040年代に目指すべき東京の姿

風水害 激甚化する風水害との闘いに、打ち克つ

- 低地帯や川沿い、海沿いのまちでも、風水害による不安を感じずに暮らせる。
- 万が一浸水したとしても、避難する場所や経路が確保されている。

新たな感染症 感染症のリスクに対応しながら、人々の日常を守り抜く

- 密を避け、安心して集える空間で、都市活動が変わらず展開されている。
- 様々な交通モードを選択でき、誰もが感染リスクを心配せず快適に移動できる。

地震 倒れない・燃えない・助かるまちをつくり、大地震を迎え撃つ

- 耐震化された建物と、燃え広がらないまちが、都民の命と暮らしを守っている。
- 地震後に応急対策活動を支える交通網が確保され、救出救助機関がすぐに駆け付けられる。

電力・通信 都市全体で二重三重の対策を講じ、災害時の電力・通信・データ不安を解消する

- 電気は“創る・蓄める”ものとなり、災害時にまちから光が消える心配がない。
- 通信手段の多重化により、災害時においてもあらゆる通信サービスを支障なく利用でき、どこでも誰とでも即時につながる。

火山噴火 いつ何時噴火が起きても、首都東京の都市活動は停滞させない

- 島しょ部では、土石流等から都民の生命・財産が守られ、島民が安全に避難できる。
- 富士山噴火に伴う降灰が生じても、鉄道・水道等が長期間ストップすることがない。

▶東京都では、強靱で持続可能な都市の実現を目指し、『「都市強靱化プロジェクト（仮称）」の策定に向けた論点』を7月に取りまとめた

▶東京が直面する危機として、全庁的に火山噴火の対策を検討している

『「都市強靱化プロジェクト（仮称）」の策定に向けた論点』（東京都政策企画局HPにて公表）

都市強靱化プロジェクト（仮称）

論点04 強靱化に向けた取組の方向性

各危機に対するプロジェクト<火山噴火>

テーマ③ いつ何時噴火が起きても、首都東京の都市活動は停滞させない

01 降灰時の都市インフラの持続可能性向上 <プロジェクトイメージ>



02 降灰後の交通網の迅速復旧 <プロジェクトイメージ>

デジタル技術を活用した被害状況の把握、国・区市町村・各事業者等と連携した道路啓閉（降灰除去）体制の構築及び早期の降灰除去 等

04 島しょ噴火時における島民避難の円滑化 <プロジェクトイメージ>

船客待合所における火山噴石対策
リアルタイムハザードマップの整備、訓練等の実施による避難計画の実効性向上 等

03 都市全体で取り組む降灰時の復旧体制の確立 <プロジェクトイメージ>

一時降灰集積所の指定、集積場所の確保に際しての広域連携、ロードスイーパーの改良・整備、既存の処理ネットワークの有効活用 等

- ▶ 東京都では、強靱で持続可能な都市の実現を目指し、『「都市強靱化プロジェクト（仮称）」の策定に向けた論点』を7月に取りまとめた
- ▶ 東京が直面する危機として、全庁的に火山噴火の対策を検討している

『「都市強靱化プロジェクト（仮称）」の策定に向けた論点』（東京都政策企画局HPにて公表）

東京都下水道局BCP<火山編>の必要性

- ▶ 東京都下水道局では区部だけで、
 - ▷ 水再生センター : 13箇所
 - ▷ ポンプ所 : 85箇所
 - ▷ 管きよ : 約16,000km
 - ▷ 人孔 : 約49万個
 - ▷ 公設汚水ます : 約200万個

を維持管理しており、都内で一様に降灰が見られる最悪のケースを想定した復旧計画の事前立案が不可欠。

- ▶ また、耐震化や耐水化と異なり、管きよ内への火山灰流入を物理的に防ぐハード対策が現時点ではないため、発生対応を迅速に行うための策としてBCPが肝要となる。

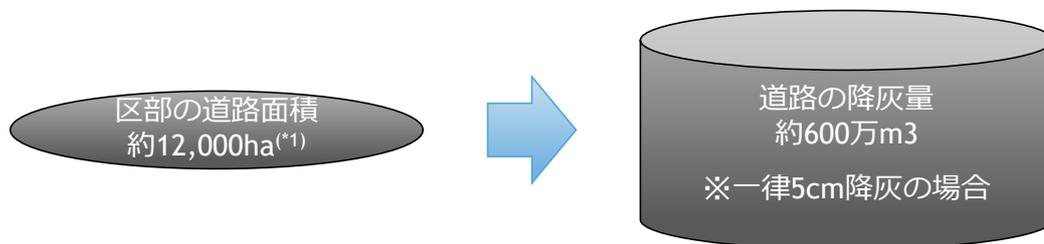
被害の特徴

震災	<ul style="list-style-type: none"> ・揺れの大きい地域や液状化危険度の高い地域で大きな被害発生 ・ハード対策で被害の軽減が可能
水害	<ul style="list-style-type: none"> ・河川の近くや地盤の低い地域で大きな被害発生 ・ハード対策で被害の軽減が可能
噴火	<ul style="list-style-type: none"> ・都内全域で一様の被害発生 ・ハード対策で被害の軽減が困難

復旧に係るタイムラインの検討

▶ 課題

- ▶ 浸水は時間とともに水位が下がるが、噴火は道路上の除灰がされていなければ復旧活動の着手自体が困難



- ▶ 首都圏全体で1,000台のホイールローダーを用意できる^(*)前提とし、区部だけで300台が使えたと仮定すると、

$$600\text{万m}^3 \div 132\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{台} \div 300\text{台} \div 24\text{h}/\text{日} \div 6.3\text{日}$$

- ▶ ただし、被害状況によってはさらに長期化することも考えられる。

(*) 土地利用現況調査(H28東京都実施)より

(*) 大規模噴火時の広域降灰対策検討WG資料(R2.4)より

復旧に係るタイムラインの検討



噴火時特有の復旧タイムラインを作成する前提で検討が必要

効果的な広報・啓発活動手法の検討

鹿児島市へのヒアリング調査より

▶ 宅地(民地)内の灰は、**克灰袋**に入れて**降灰指定置場**に出され処分



克灰袋

(家庭用に配布の火山灰専用のごみ袋)



灰の集積状場所

降灰を道路ますに入れず、適切な集積を行うための広報を噴火兆候が見られた段階から道路部局や区と連携して実施

今後のスケジュール (案)

大項目	小項目	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
技術開発	除灰技術の実用化に向けた各種検証	■	■	■	■	■		
BCP策定 <火山編>	BCPマニュアルの策定(国交省)		■					
	除灰技術導入前のBCP策定				■			
	除灰技術導入後のBCP策定						■	
ソフト対策 の検討など	下水道管に流入する火山灰量の検証など			■				
	効果的な広報・啓発活動手法の検討			■				
	応急復旧計画の立案					■		■ (見直し)

■ 東京都が主体

▨ その他の団体等が主体

ご清聴ありがとうございました

