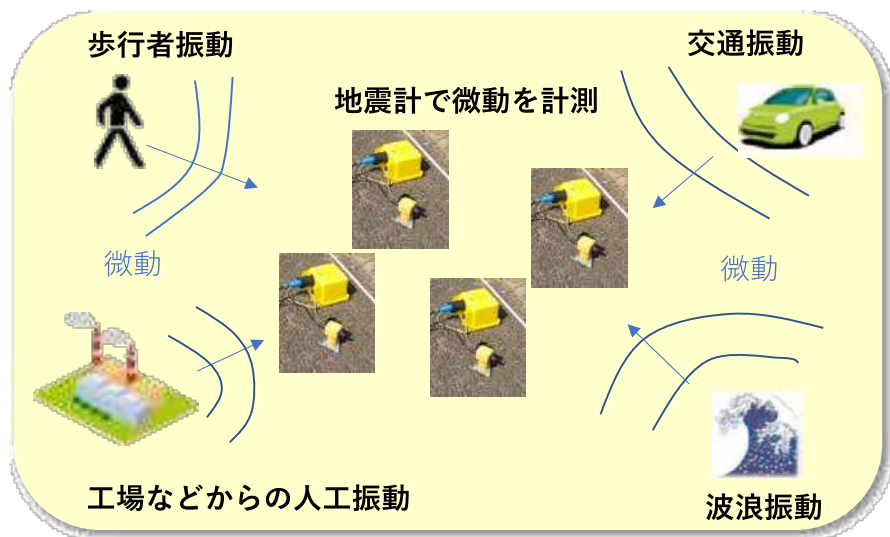


## 2. 調査結果 [物理探査について]

### 【微動アレイ調査】

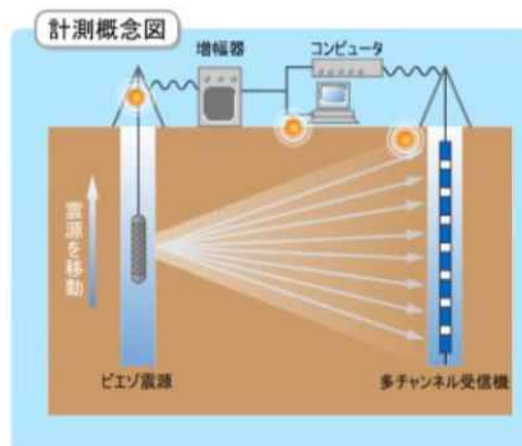
地表面から行う地盤の物理探査手法。地盤は微小な振動(人工振動・交通振動・海岸線に押し寄せる波浪振動)などによって絶えず振動をしており、この微小な振動を測定・解析することにより地盤の状況を把握する。



微動アレイ調査の概念(イメージ)

### 【音響トモグラフィ】

ボーリング孔に設置した発信器から周波数と振幅を制御した音波を発信し、地中を伝播してきた音波を受信器で受信し、地盤の状況を把握する。



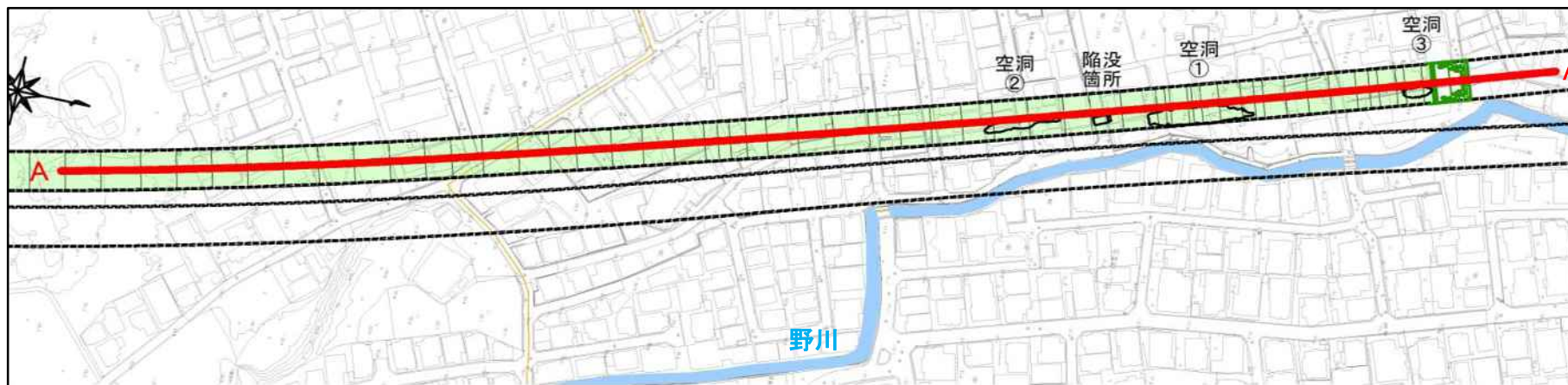
- 作業時間の目安 (深度30m~50m程度)
- 1測線 (断面) /日
- 2測線 (断面) /日 (2受信器同時使用)



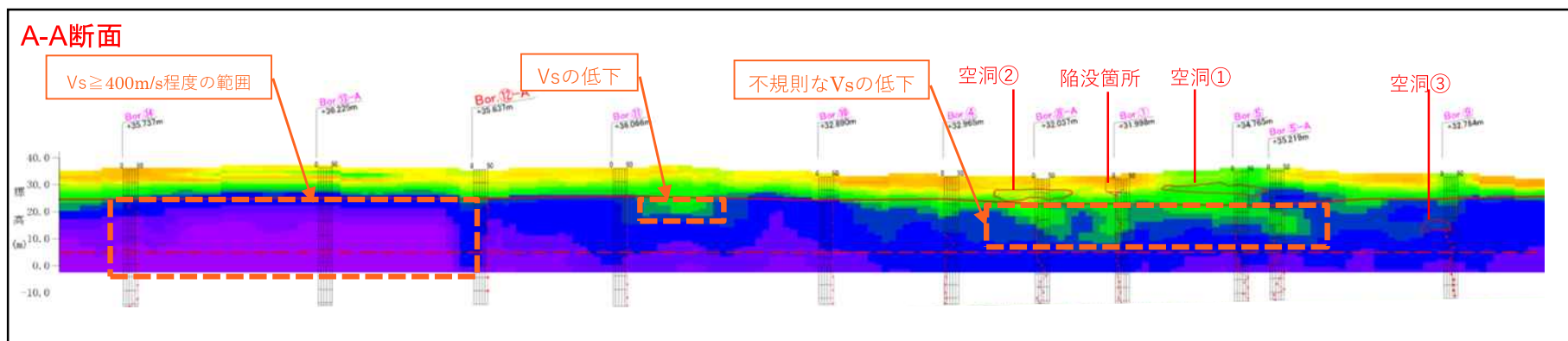
## 2. 調査結果 [微動アレイ調査結果(エリアA)]

- ・空洞②～空洞①において地盤が緩んでいる可能性を確認しました。

測線図

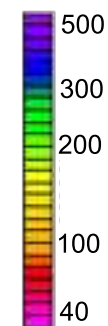


測定結果



地盤が固い

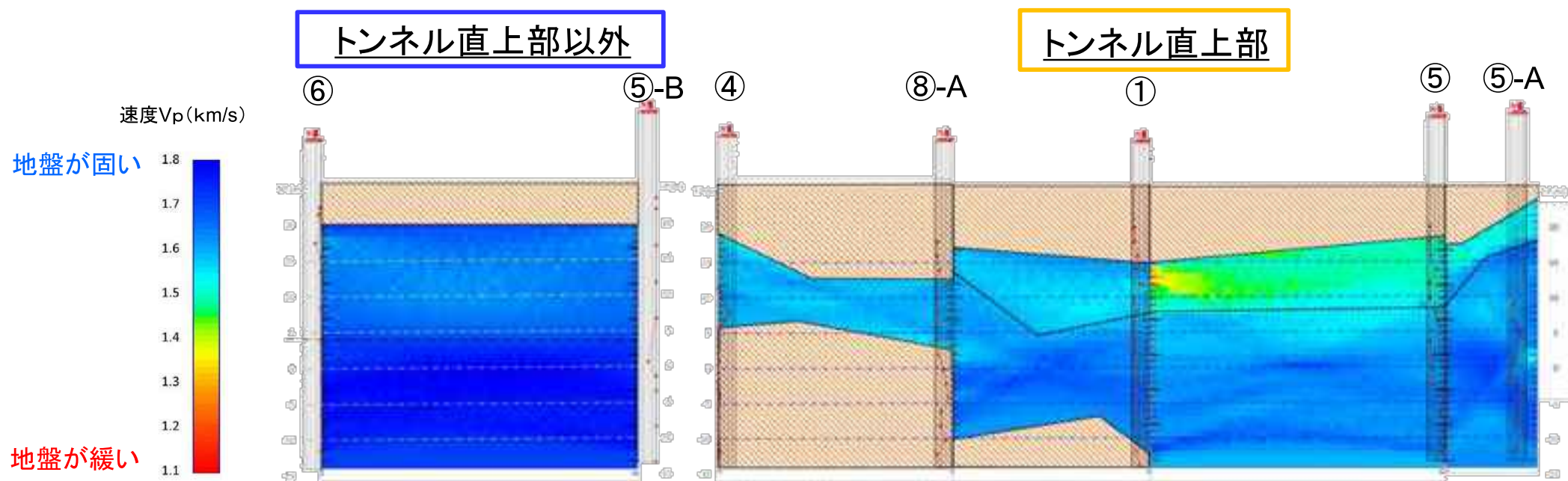
S波速度Vs (m/s)



地盤が緩い

## 2. 調査結果 [音響トモグラフィ調査結果]

- トンネル直上部以外では地盤の緩みや空洞の存在は確認されませんでした。





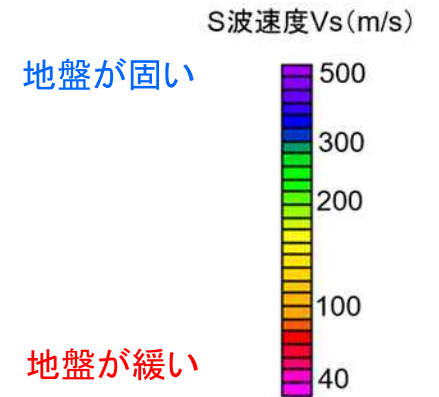
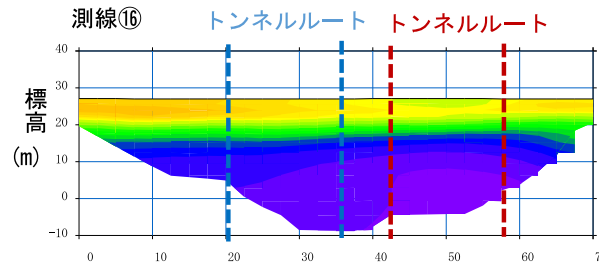
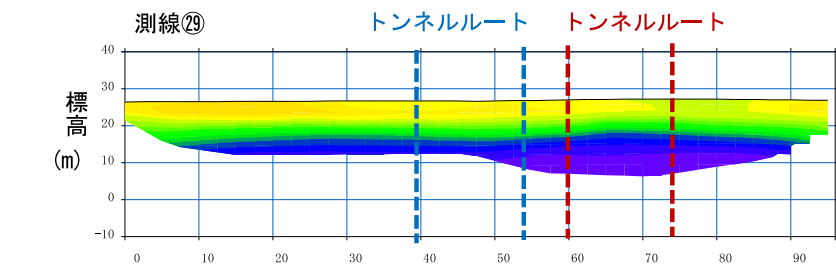
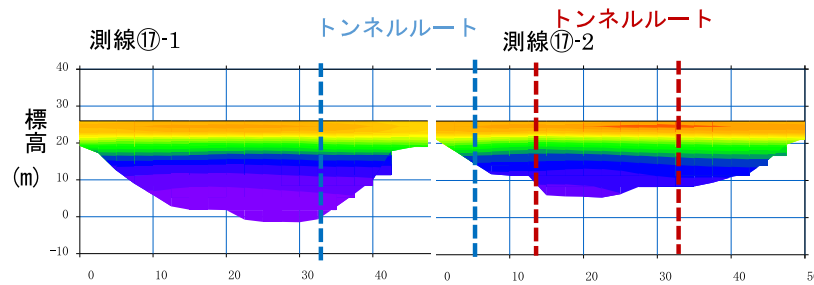
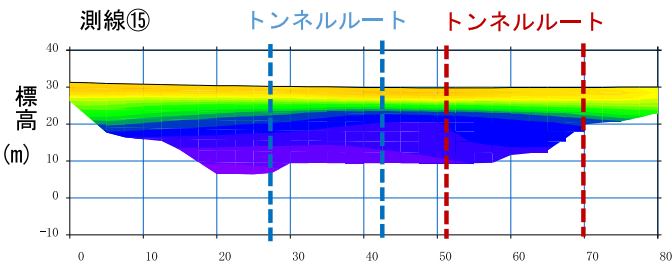
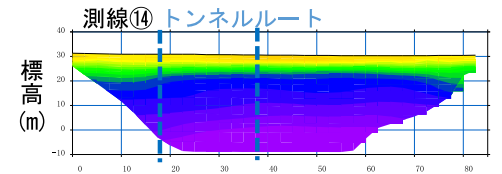
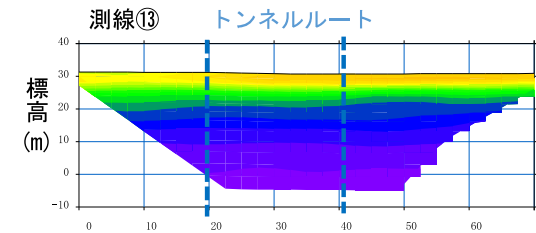
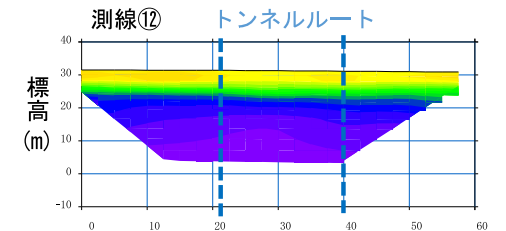
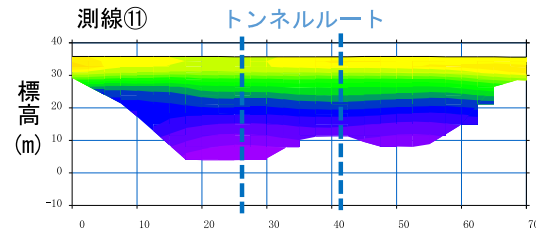
# 2. 調査結果 [微動アレイ調査結果(エリアB)]

- ・地盤の緩みが無いことを確認しました。(測線⑪～⑰-2、⑳)

測線図



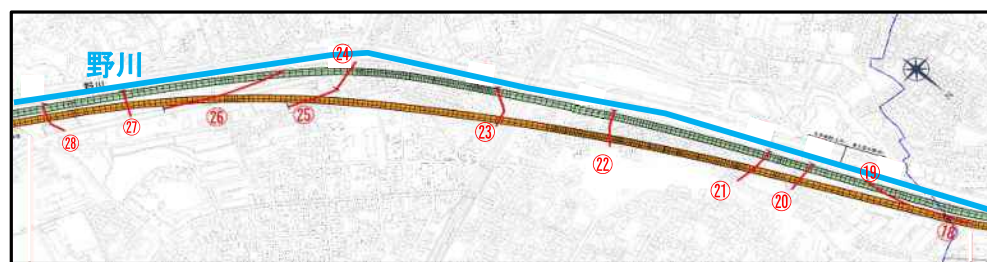
測定結果



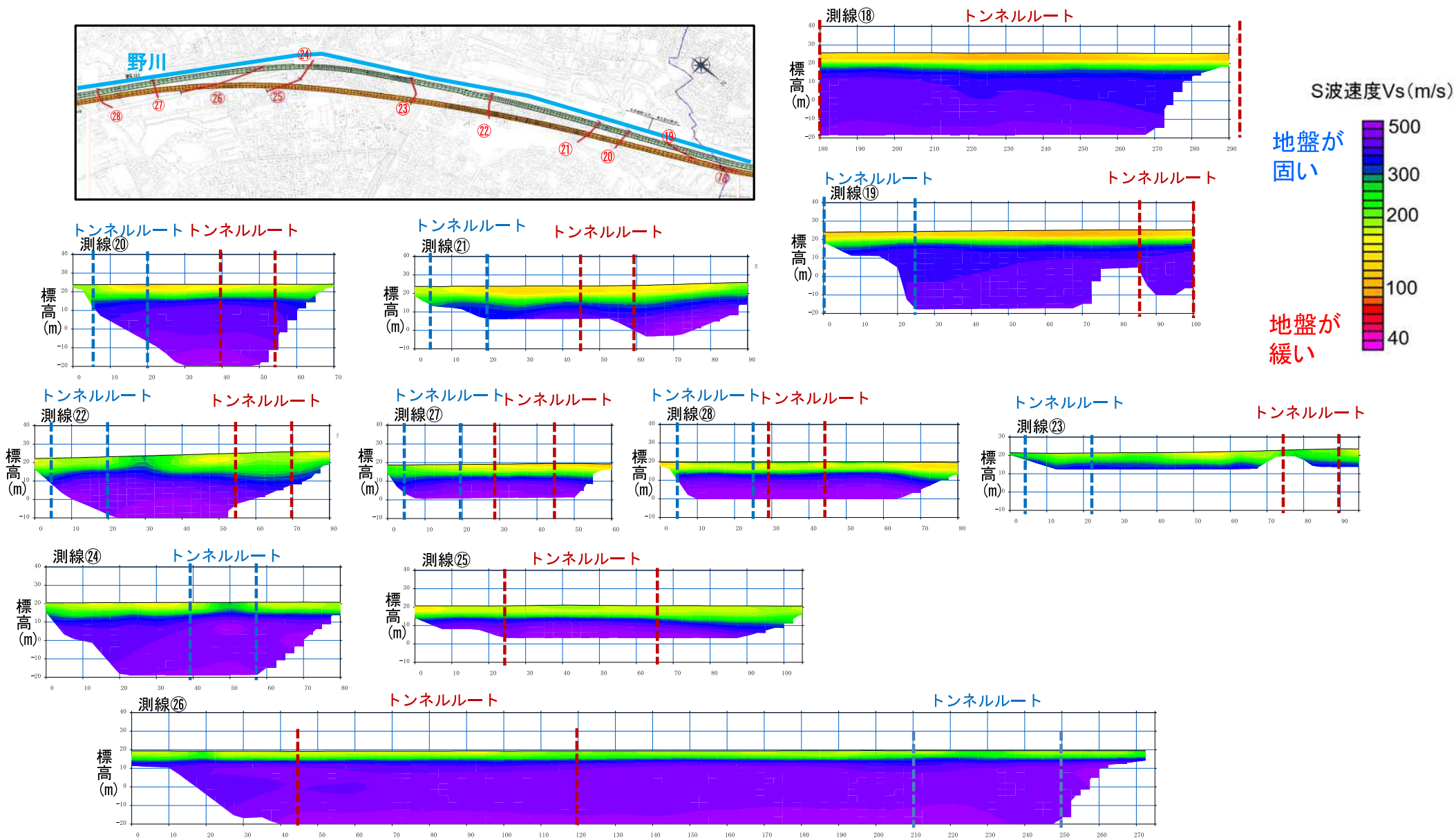
# 2. 調査結果 [微動アレイ調査結果(エリアB)]

- ・地盤の緩みが無いことを確認しました。(測線⑱～⑳)

測線図



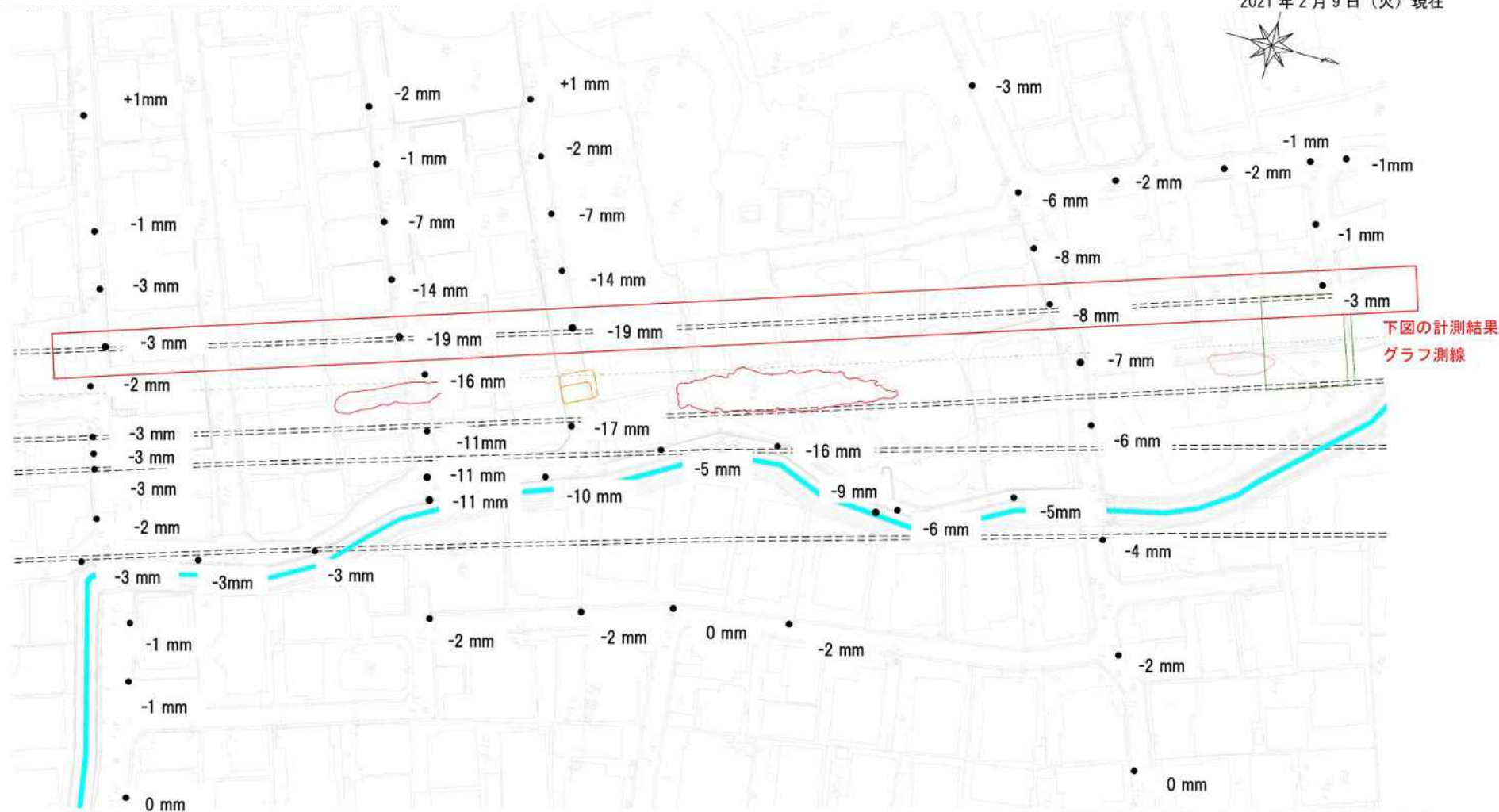
測定結果



## 2. 調査結果 [地表面沈下計測結果]

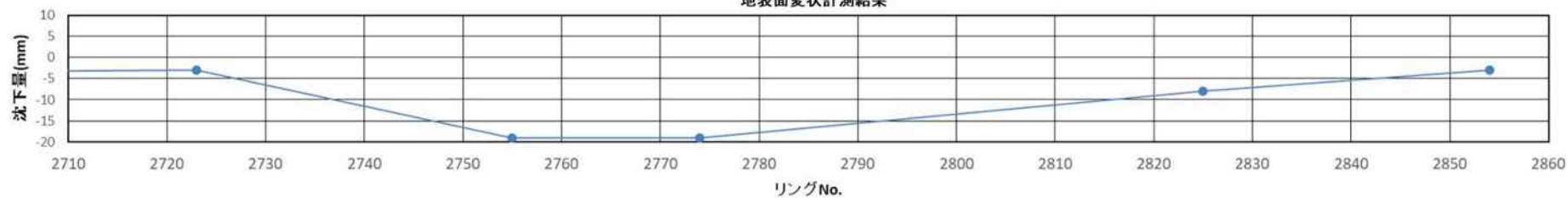
・地表面沈下計測結果(陥没・空洞箇所付近)

2021年2月9日(火)現在



※上図以外の掘り進めてきた区間の地表面沈下量は最大-6mm


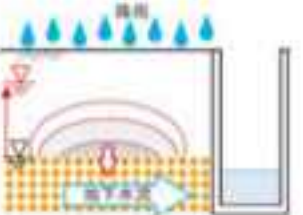

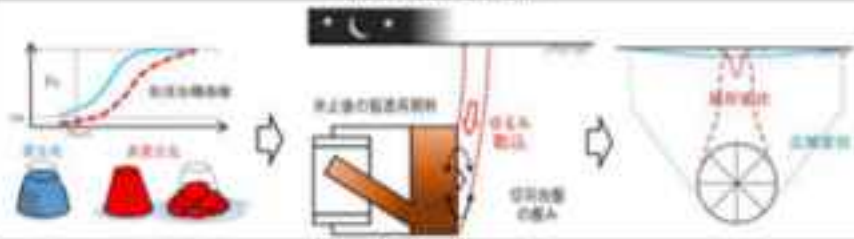
地表面変状計測結果


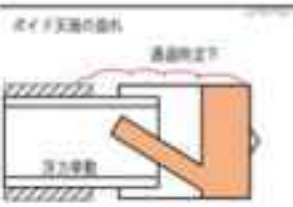
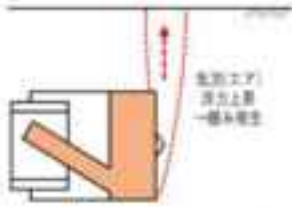
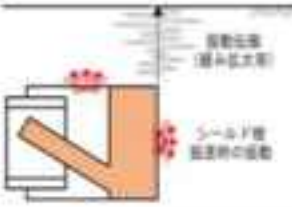
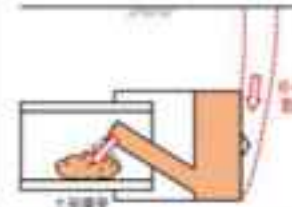


### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム

# 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [想定される要因]

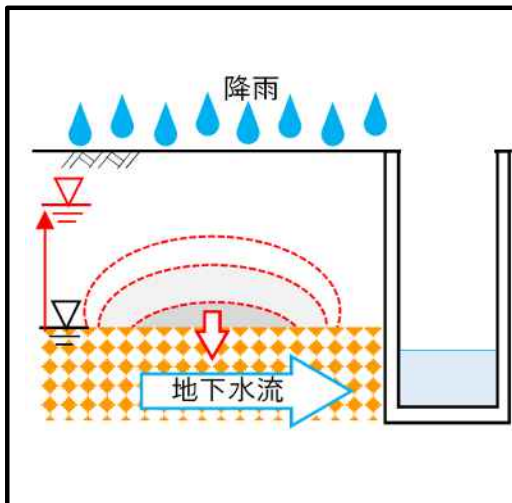
○ 陥没・空洞事象について、想定される要因を抽出し、調査結果や施工データを用いて分析をしました。

		Ⅰ. 掘削前の表層地盤の状況			Ⅱ. シールド施工の影響	
概要	想定されるメカニズム①	想定されるメカニズム②	想定されるメカニズム③	想定されるメカニズム④		
	 <p>埋設物 埋設物漏れ・吸い込み</p>	 <p>降雨 地下水 地下水位</p>	 <p>人工物 井戸 排水管 地下放水路等の人工物 砂の流出</p>	 <p>掘削土の塑性流動性 土水性が低下し、土砂分離・沈降が生じるなどにより、掘進再開時にカッターが回転不能となる事象（閉塞）が発生 閉塞を解除するため、沈降した砂層を押し上げながら気泡を注入する等の特別な作業を行ったことにより砂層のゆるみを生じさせ、単一の砂層が掘削断面上部に厚く堆積する特殊な地盤において懸濁状にゆるみ領域が上方に拡大</p>		
考察	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	あらかじめ空洞が形成された可能性について、更に調査する必要がある。	あらかじめ空洞形成されていたこととの因果関係は、現時点では特定できなかった。	陥没・空洞の要因となった可能性がある。		

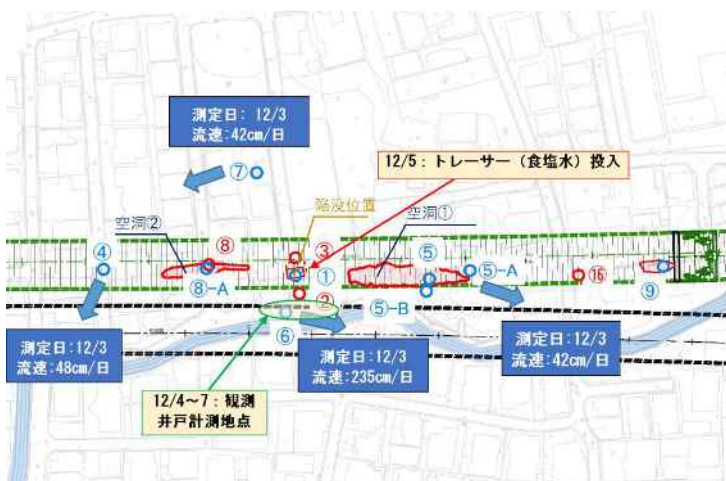
		Ⅱ. シールド施工の影響				
概要	想定されるメカニズム⑤	想定されるメカニズム⑥	想定されるメカニズム⑦	想定されるメカニズム⑧	想定されるメカニズム⑨	
	 <p>掘進機 ゆるみ 膨らみ 空気気泡の膨らみ</p>	 <p>ボイド天端の膨れ 掘進機下 土力変動</p>	 <p>掘削土の膨らみ 掘削土の膨らみ 掘削土の膨らみ</p>	 <p>掘削土の膨らみ 掘削土の膨らみ 掘削土の膨らみ</p>	 <p>掘削土の膨らみ 掘削土の膨らみ 掘削土の膨らみ</p>	
	掘進時の影響 ・チャンパー内の塑性流動性の不足による天端や切羽土圧の不安定化 ・掘削土砂の過大な吸込み	掘進後のボイドによる影響 ・ボイド天端の膨れ	空気の流れの上昇による影響 ・気泡に用いる空気の影響な浮力上昇 ・空気の上昇による膨らみ拡大	トンネル掘削の振動による締り・局所的な軟化化による影響 ・カッター付近の振動による締り・局所的な軟化化	シールド施工時の土砂噴発等による影響 ・シールド掘削機・スクリーコンベアからの出水による土砂噴発 ・セグメント継手面からの出水 ・セグメントの損傷	
考察	陥没・空洞の要因となった可能性について、更に検証する必要がある。	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	陥没・空洞の要因ではない。	



### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [掘削前からの空洞可能性]



- 地下水の流速の上昇や流向の変化は、入間川に土砂を流出させる程のものではないことを確認しました。
  - 地下水位の上昇結果から、空洞形成後に短期間で陥没・空洞箇所が表面が水で洗われた可能性があることを確認しました。
  - 空洞箇所と入間川の堆積土砂の成分分析比較から、入間川への土砂流出はないことを確認しました。
- ⇒ 自然浅層地下水流による浸食により、あらかじめ空洞が形成された可能性は低い。

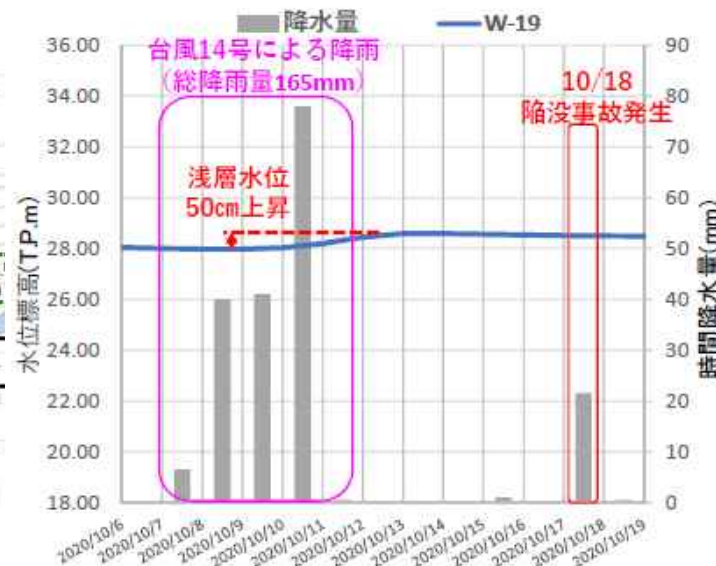


#### 【地下水の流向流速】

・降雨時で最大235cm/日(0.16cm/分)と小さいことを確認しました。

#### 【地下水の流動経路】

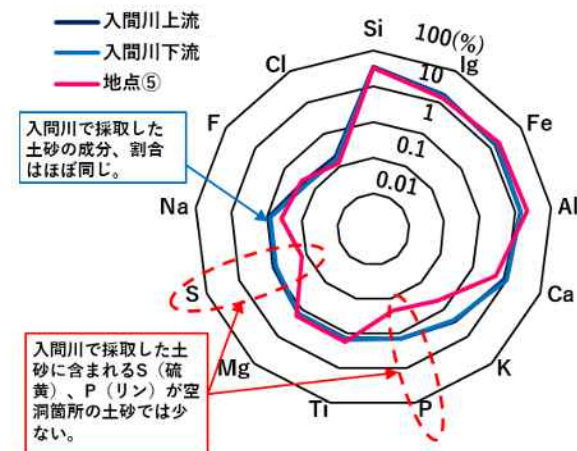
・川沿いの観測井戸にて食塩水は確認されませんでした。



#### 【地下水位】

・台風の影響により、近傍の観測井戸において、陥没事象発生の直近にて浅層地下水位上昇を確認しました。

蛍光X線分析結果  
(土砂に含まれる主な金属元素の種類と割合)



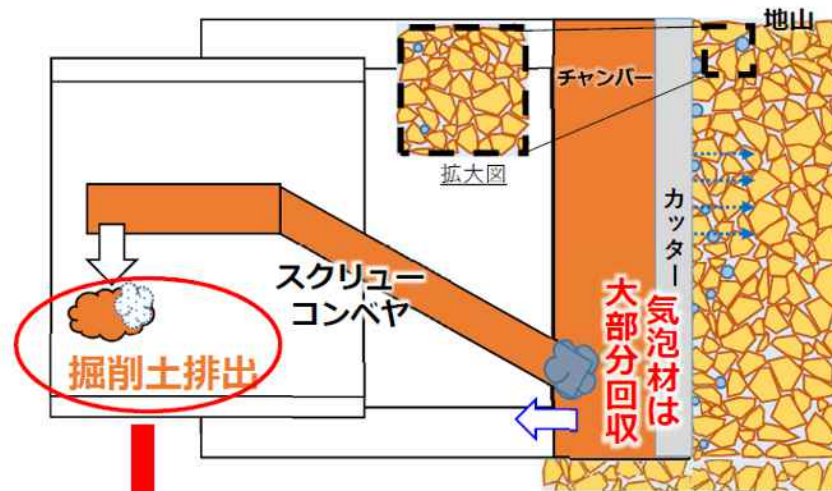
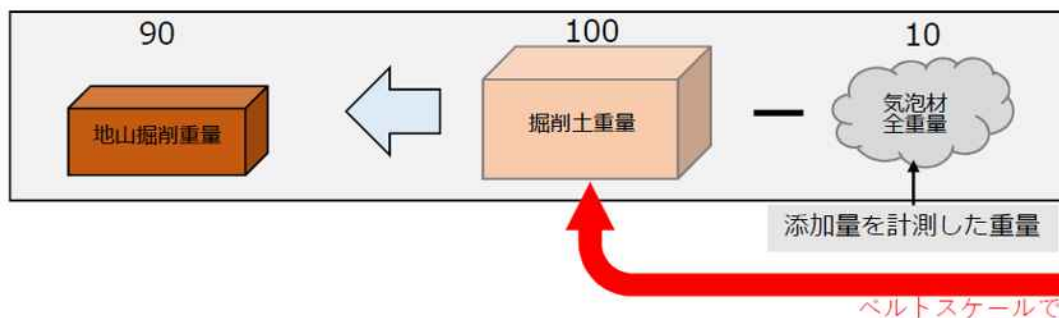
#### 【土砂成分分析(蛍光X線分析)】

・含有する金属の種類・量が異なることを確認しました。

# 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [地山掘削重量の過小評価イメージ]

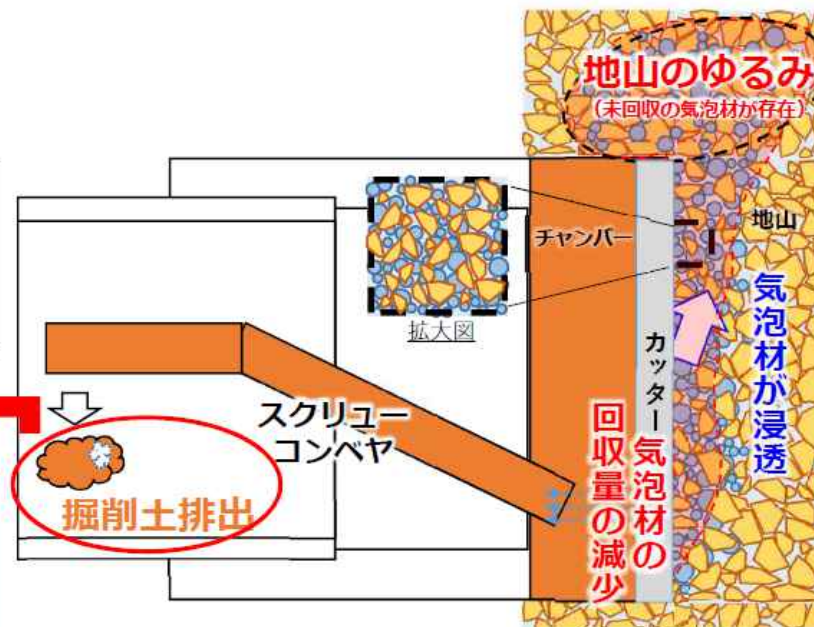
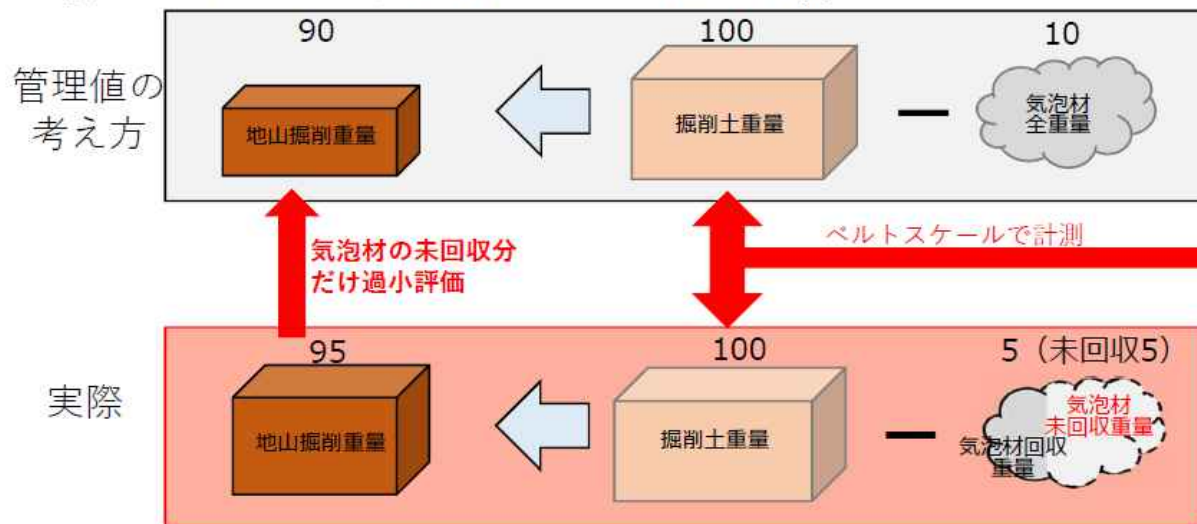
## 【地山掘削重量の管理】

- ✓ スクリューコンベアから排出された掘削土をベルトスケールにて計測した重量から添加した気泡材の全重量を控除した、地山掘削重量を算出
- ✓ 直近20リングの平均値を管理値として設定



## 【ゆるみ発生時】

- ✓ 地山のゆるみに気泡材が浸透し、回収量が減少
- ✓ 実際は、気泡材の未回収重量分が地山掘削重量として取り込まれるため、通常の管理では過小評価



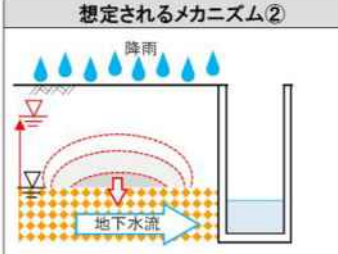


# 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [想定される要因のまとめ]

前回

第5回  
有識者委員会

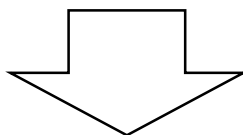
**想定されるメカニズム②**



地下水流、地下水変動、大雨による浸食

- ・自然浅層地下水による浸食

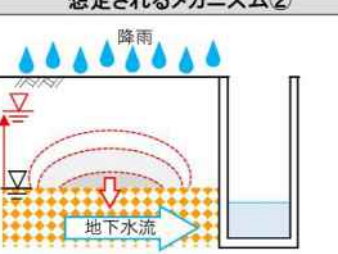
あらかじめ空洞が形成された可能性について、更に調査する必要がある。



今回

第6回  
有識者委員会

**想定されるメカニズム②**

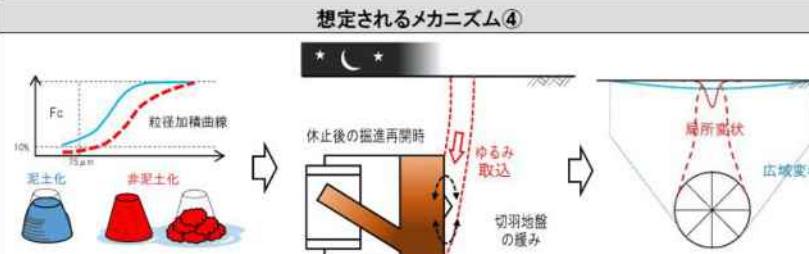


地下水流、地下水変動、大雨による浸食

- ・自然浅層地下水による浸食

陥没・空洞の要因である可能性は低い

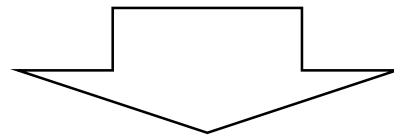
**想定されるメカニズム④**




閉塞及び閉塞解除作業の影響

- ・夜間休止時間において、細粒分が極めて少なく、かつ礫が卓越する特殊な地盤における掘削土の塑性流動性・止水性が低下し、土砂分離・沈降が生じるなどにより、掘進再開時にカッターが回転不能となる事象（閉塞）が発生
- ・閉塞を解除するため、沈降した砂礫を排土しながら気泡を注入する等の特別な作業を行ったことにより切羽のゆるみを生じさせ、単一の砂層が掘削断面上部に厚く堆積する特殊な地盤において煙突状にゆるみ領域が上方に拡大

陥没・空洞の要因となった可能性がある。



**想定されるメカニズム⑤**

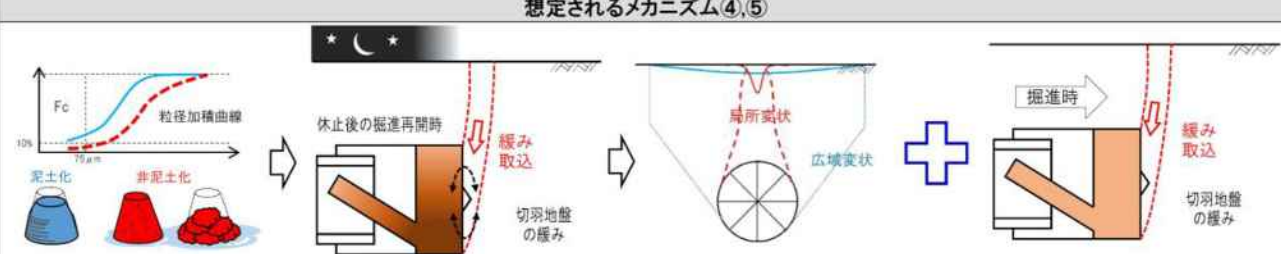


掘進時の影響

- ・チャンバー内の塑性流動性の不足による天端や切羽土圧の不安定化
- ・掘削土砂の過大な取込み

陥没・空洞の要因となった可能性について、更に検証する必要がある。

**想定されるメカニズム④,⑤**



閉塞及び閉塞解除作業の影響

- ・細粒分が極めて少なく、かつ礫が卓越する特殊な地盤における掘削土の塑性流動性・止水性が低下し、夜間休止時間において土砂分離・沈降が生じるなどにより、掘進再開時にカッターが回転不能となる事象（閉塞）が発生
- ・閉塞を解除するため、沈降した砂礫を排土しながら気泡材を注入する等の特別な作業を行ったことにより切羽の緩みを生じさせ、単一の砂層が掘削断面上部に厚く堆積する特殊な地盤において煙突状にゆるみ領域が上方に拡大

掘進時の影響

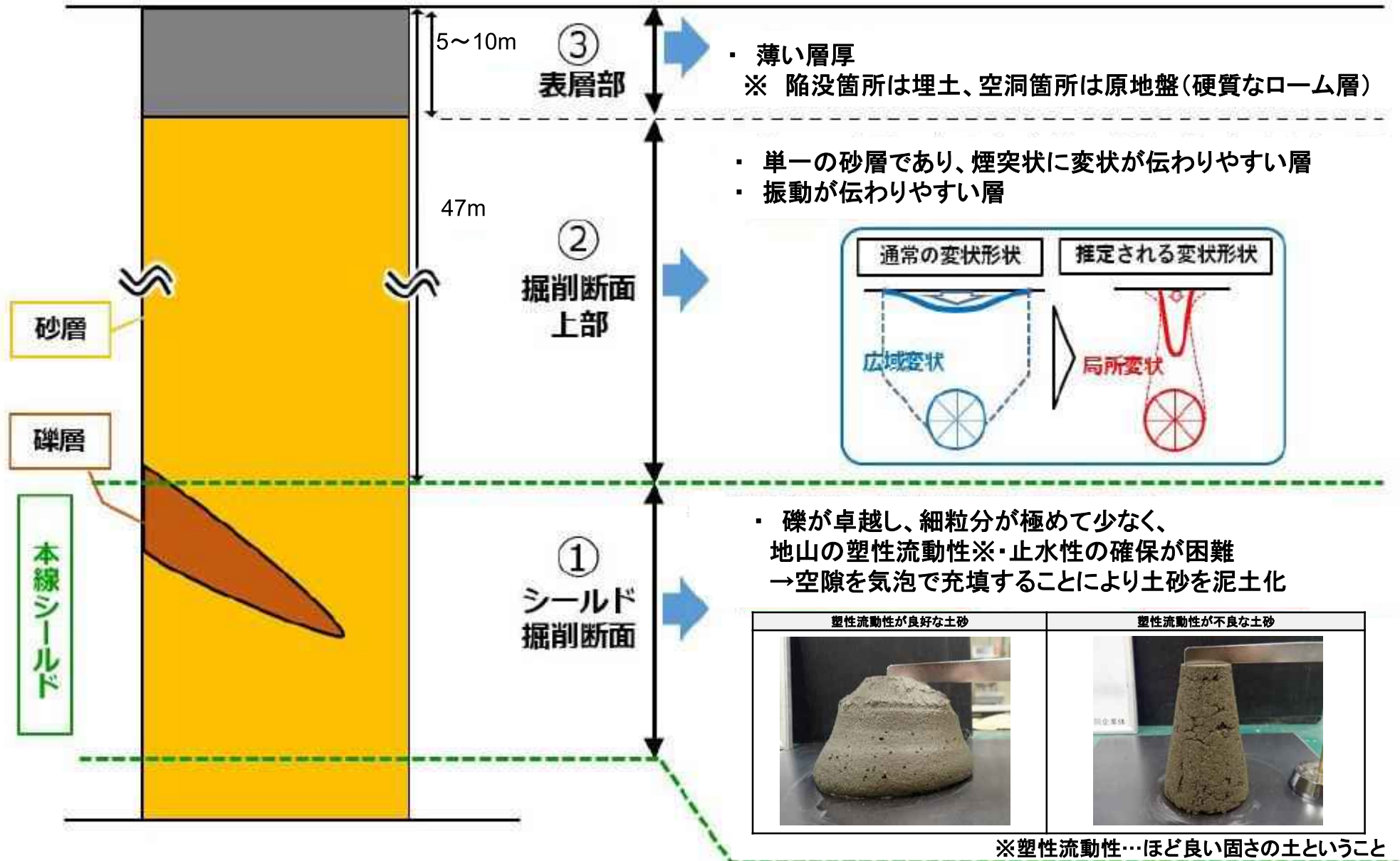
- ・チャンバー内の塑性流動性の不足による天端や切羽土圧の不安定化
- ・掘削土砂の過大な取込み

陥没・空洞の要因となった可能性がある。

### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [陥没箇所周辺の地盤]

○ 陥没箇所周辺は以下の3つが重なった特殊な地盤

①塑性流動性・止水性の確保が困難な掘削断面、②変状が伝わりやすい掘削断面上部、③薄い層厚の表層部



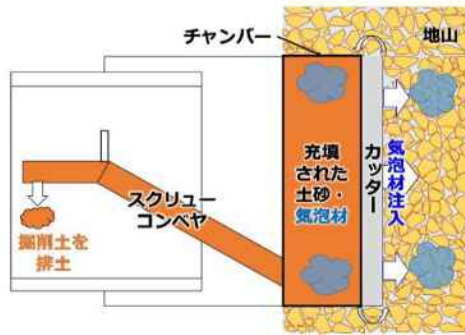


# 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [カッター回転不能に至る現象と解除作業手順]

- 特殊な地盤条件である陥没箇所周辺では、夜間の作業休止後、カッターが回転不能になる事象が発生しました。(8月以降、計16回発生)
- カッター回転不能の解除の際、地山のゆるみが発生したと考えられます。
- 掘進再開後も気泡材がこの地山のゆるみに浸透し、そのことに気が付かず過剰に土砂を取り込み、地山のゆるみが拡大したと考えられます。

## (1) 昼間 (掘進中)

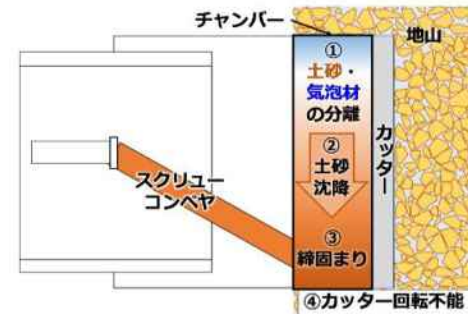
- チャンバー内土圧と地山からの圧力の均衡が取れている状態
- 細粒分・細砂分の減少、礫の介在してくる中で、気泡材の種別変更及び添加量の調整、掘進速度の調整を行いながら掘進を実施



(2) 夜間  
休止

## (3) 翌朝 (掘進休止後)

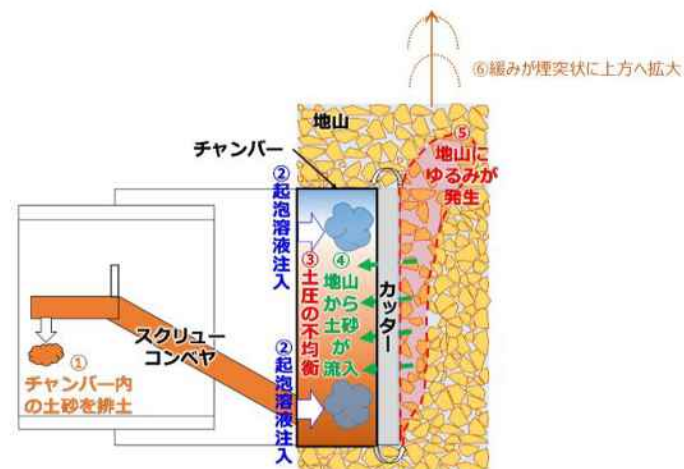
- チャンバー内の①土砂・気泡材が分離、②土砂沈降及び③締固まりが発生
- ⇒ ④カッター回転不能(閉塞)が発生



※振動に関する問合せを受け、  
作業休止時間を拡大

## (4) 閉塞解除作業

- カッターを再回転するため、①チャンバー内の締り固まった土砂を一部排出
- 排出によるチャンバー内圧力の低下を防止するため、②直ちに排出土砂分の起泡溶液と置き換える必要がある
- ⇒ この際、③土圧の均衡がとれず、④地山から土砂がチャンバー内に流入することで、結果として、⑤地山に緩みが発生し、⑥掘突状に上方へ拡大



掘進  
再開

## (5) 掘進再開後

- 特殊な地盤下で塑性流動性を保つため、通常より多くの気泡材を地山に注入し、掘進を再開
- 掘進を再開後、①気泡材が(4)閉塞解除作業で緩んだ地山に過度に浸透
- ⇒ 塑性流動性・止水性が低下し、閉塞解除作業で緩んだ地山に対する切羽土圧の不均衡
- ⇒ 一部の気泡材は回収できず、掘削した地山重量を過少に評価し、②土砂の取り込みが想定より過剰に発生
- ⇒ 繰り返し行われた閉塞解除作業により生じた地山の緩みを掘進時にさらに助長し、③地山の緩みが進行方向に拡大し、地表付近に硬質のロームをアーチとする空洞が地中に形成
- ⇒ 硬質ロームが欠如している箇所で陥没に至った

